

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

POUR OBTENIR

LE TITRE DE DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ
(MENTION SCIENCES)

PAR

Pierre BARIAND

PREMIÈRE THÈSE : CONTRIBUTION A LA MINÉRALOGIE DE L'IRAN.

DEUXIÈME THÈSE : PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le 15 juin 1962 devant la Commission d'examen.

MM. WYART.....	<i>Président</i>
HOCART.....	} <i>Examineurs</i>
CURIEN.....	

LIBRAIRIE MASSON ET C^{ie}
120, BOUL. ST-GERMAIN, PARIS, 6^e



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41550215_0042

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

POUR OBTENIR

LE TITRE DE DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ
(MENTION SCIENCES)

PAR

Pierre BARIAND

PREMIÈRE THÈSE : CONTRIBUTION A LA MINÉRALOGIE DE L'IRAN.

DEUXIÈME THÈSE : PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le 15 juin 1962 devant la Commission d'examen.

MM. WYART.....	<i>Président</i>
HOCART.....	} <i>Examineurs</i>
CURIEN.....	

FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

Doyen..... M. ZAMANSKY.

PROFESSEURS

G. JULIA..... T Analyse sup. et Algèbre sup.
DE BROGLIE..... T Théories physiques.
PRENANT..... T Anat. et Histol. comp.
GRASSÉ..... T Évolution des êtres organisés.
PRÉVOST..... T Chimie organique.
CHAUDRON..... T Chimie appliquée.
WYART..... T Minéralogie et Cristallogr.
TEISSIER..... T Zoologie.
MANGENOT..... T Biologie végétale (Orsay).
P. AUGER..... T Physique quantique et Relativité.
MONNIER..... T Physiologie générale.
PIVETEAU..... T Paléontologie.
ROCARD..... T Physique (E. N. S.).
H. CARTAN..... T Mathématiques (E. N. S.).
LAFFITTE..... T Chimie générale.
FAVARD..... T Géométrie supérieure.
COULOMB..... T Physique du Globe.
M^{lle} COUSIN..... T Biologie animale (S. P. C. N.).
CHRÉTIEN..... T Chimie minérale.
P. DRACH..... T Zoologie.
KASTLER..... T Physique (E. N. S.).
EPHRAÏM..... T Génétique.
RIVIÈRE..... T Géologie (S. P. C. N.) et Sédim.
GAUTHERET..... T Biologie végétale (P. C. B.).
R. LUCAS..... T Recherches physiques.
A. THOMAS..... T Biologie cellulaire.
ARNULF..... T Optique appliquée.
M. MORAND..... T Physique Enseignement.
SOLEILLET..... T Physique (P. C. B.).
FORTIER..... T Mécanique expérimentale des fluides.
DANJON..... T Astronomie.
PETIT..... T Biologie maritime.
QUENEY..... T Météorologie et Dynamique atmosphérique.
GALLIEN..... T Embryologie.
EICHORN..... T Botanique.
DE CUGNAC..... T Biol. végétale (S. P. C. N.).
M^{lle} CAUCHOIS..... T Chimie physique.
THELLIER..... T Physique du Globe.
L'HÉRITIER..... T Biologie générale (Orsay).
GRIVET..... T Radio-électricité (Orsay).
PONCIN..... T Mécanique générale.
DUBREIL..... T Arithmétique et théorie des nombres.
QUELET..... T Chimie organique.
CAGNIARD..... T Géophysique appliquée.
CHAMPETIER..... T Chimie macromoléculaire.
CUVILLIER..... T Micropaléontologie.
JUNG..... T Pétrographie.
TRILLAT..... T Microscopie et Diffraction électroniques.
WIEMANN..... T Chimie organ. et structur.
JACQUINOT..... T Spectroscopie et Physique céleste (Orsay).
VASSY..... T Physique de l'atmosphère.
DESTOUCHES..... T Théories physiques.
AMIEL..... T Chimie générale.
HOCART..... T Minéralogie et Cristallogr.
J.-P. MATHIEU..... T Physique (Optique).
COUTEAUX..... T Biologie animale (P. C. B.).
MAY..... T Zoologie (Orsay).
CHOQUET..... T Théorie des fonct. et Topol.
FELDMANN..... T Biologie végétale marine.
GUINIER..... T Phys. des solides (Orsay).
JOST..... T Physiologie comparée.
FORTET..... T Calcul des probabilités et Physique mathématique.
SCHWARTZ..... T Calc. différentiel et intégral.
CHOUARD..... T Physiologie végétale.
MALAVARD..... T Aviation (Techn. aéronaut.).
BRELOT..... T Calc. différentiel et intégral.
NORMANT..... T Synthèse organique génér.
BENARD..... T Chimie minérale.
BUVAT..... T Botanique (E. N. S.).
DUGUE..... T Statistiques mathématiques.
SOULAIRAC..... T Psychophysiologie.

ULRICH..... T Physiologie végétale.
MARECHAL..... T Optique théorique et appliquée.
KIRRMANN..... T Théories chimiques.
CHADEFAUD..... T Botanique.
M^{lle} LE BRETON..... T Physiologie de la nutrition.
SALEM..... T Mathématiques générales.
LELONG..... T Application de l'analyse à la géométrie.
DEVILLERS..... T Anatomie et Histologie comparées.
EHRESMANN..... T Topologie algébrique.
FRANÇON..... T Physique (S. P. C. N.).
GLANGEAUD..... T Géog. physique et Géologie dynamique.
GODEMENT..... T Mathématiques (M. P. C.).
PISOT..... T Tech. mathém. de la phys.
ROCH..... T Géologie.
SCHATZMAN..... T Astrophysique.
TERMIER..... T Paléontologie stratigr.
ZAMANSKY..... T Mathématiques générales.
LENNUIER..... T Physique (M. G. P.).
RIZET..... T Génétique (Orsay).
ROUTHIER..... T Géologie appliquée.
M^{lle} TONNELAT..... T Physique théorique.
DIXMIER..... T Mathématiques (M. P. C.).
SOUCRAY..... T Chimie générale.
AIGRAIN..... T Electrotechnique générale.
BRUSSET..... T Chimie systématique.
M. LÉVY..... T Physique théorique des hautes énergies (Orsay).
M^{lle} CHAIX..... T Chimie biologique.
M^{lle} HUREL-PY..... T Biologie végétale (P. C. B.).
PIAUX..... T Chimie (M. P. C.).
BRUN..... T Méc. théorique des fluides.
LEDERER..... T Chimie biologique.
M^{lle} DUBREIL..... T Mathém. (Agrégation).
M^{lle} LELONG..... T Mathématiques (E. N. S.).
BELLAI..... T Géologie (S. P. C. N.).
COTTE..... T Physique électricité.
J.-E. DUBOIS..... T Chimie organique.
LAMOTTE..... T Zoologie (E. N. S.).
A. MICHEL..... T Chimie minérale (Orsay).
OLMER..... T Energétique générale.
ROUAULT..... T Électricité (Orsay).
GAUTHIER..... T Mécanique appliquée.
BARCHEWITZ..... T Chimie physique.
BROSSEL..... T Physique atomique.
BUSER..... T Physiologie comparée.
CAMUS..... T Physiol. vég. (B. M. P. V.).
CASTAING..... T Physique (Orsay).
CURIEN..... T Minéralogie et Cristallogr.
MOYSE..... T Physiologie vég. (Orsay).
NOIROT..... T Évolution des êtres organisés.
PANNETIER..... T Chimie générale (Orsay).
POSSOMPES..... T Zoologie.
PULLMANN..... T Chimie théorique.
TEILLAC..... T Physique nucléaire et Radioactivité.
TONNELAT..... T Biologie physico-chimique.
VILLE..... T Econométrie.
VILLEMART..... T Chimie (P. C. B.).
DODÉ..... T Chimie (Orsay).
FREYMANN..... T Recherches physiques.
GUINOCHET..... T Biologie végétale (S. P. C. N.) (Orsay).
ROLLET..... T Chimie (P. C. B.).
M^{lle} JOSIEN..... T Chimie (S. P. C. N.).
CHEVALLEY..... T Géométrie algébrique et Théorie des groupes.
ARNOULT..... T Electronique (Orsay).
CHAPELLE..... T Physique (Orsay).
DELANGE..... T Mathématiques (Orsay).
DENY..... T Mathém. génér. (Orsay).
GERMAIN..... T Méc. théorique des fluides.
G. LUCAS..... T Géologie.
ALLARD..... T Chimie physique.
BERTHELOT..... T Phys. fondam. des hautes énergies (Orsay).

BRICART..... T Météorologie et physique de l'atmosphère.
M^{lle} ALBE- FESSARD..... T Psychophysiologie.
FRIEDEL..... T Phys. des solides (Orsay).
M. JULIA..... T Etudes des molécules naturelles complexes.
LENDER..... T Biologie animale (S. P. C. N.) (Orsay).
MAGAT..... T Physico-chimie des radioéléments.
M^{lle} QUINTIN..... T Electrochimie.
MONOD..... T Chimie du métabolisme.
BENOIT..... T Physiologie anim. (Orsay).
DE POSSEL..... T Analyse numérique.
CHARLOT..... T Chimie analytique.
HAÏNSKY..... T Radiochimie.
LEMÉE..... T Phys. végétale (B. M. P. V.) (Orsay).
GUÉRIN..... T Chimie (M. P. C.) (Orsay).
M. CHATELET..... T Chimie (P. C. B.).
JEAN..... T Physique nucléaire (Orsay).
MATTIER..... T Physique S. P. C. N.
L. MICHEL..... T Physique théor. des hautes énergies (Orsay).
BERGERARD..... T Zoologie (Orsay).
BERTEIN..... T Electronique (Orsay).
BOUSSIÈRES..... T Chimie des radioéléments (Orsay).
M^{lle} COUTURE..... T Thermodynamique et Mécanique physique.
ELLENBERGER..... T Géologie appl. sur le terr.
FRANC..... T Biologie animale (P. C. B.).
SCHNELL..... T Botanique tropicale (Orsay).
STOLKOWSKI..... T Physiologie générale.
ACHER..... T Chimie biol. (Orsay).
BAUDOUIN..... T Biologie anim. (P. C. B.).
BEAUMONT..... T Biologie anim. (S. P. C. N.).
BLAMONT..... T Géophysique ionosphère.
BOURREAU..... T Botanique.
D. CURIE..... T Physique (M. G. P.).
DURAND-DELGA..... T Géologie.
FRÉON..... T Chimie organique (Orsay).
HELLER..... T Physiologie végétale.
TORTRAT..... T Calcul des probabilités.
CAILLEUX..... T Géologie (S. P. C. N.).
MAGNAN..... T Physique (S. P. C. N.).
DAUDEL..... T Mécanique ondulatoire appliquée à la chimie théor. et à la physique nucléaire.
M^{lle} FOURCROY..... T Biologie végét. (S. P. C. N.).
M^{lle} CHOUQUET-BRUHAT..... T Mécanique analytique et Mécanique céleste.
M^{lle} VEIL..... T Physiologie générale.
LWOFF..... T Microbiologie.
SIESTRUNCK..... T Mécanique physique et expérimentale.
LACOMBE..... T Métallurg. des métaux nucl.
BROCHARD..... T Physique (P. C. B.) (Orsay).
CABANNES..... T Mécanique générale.
LESIEUR..... T Mathém. (M. P. C.) (Orsay).
MAZET..... T Mécanique générale (Orsay).
CAIRE..... T Géographie phys. et Géol. dynamique.
COMOLET..... T Mécanique des fluides.
CORABEUF..... T Physiologie animale.
DELLOUE..... T Physique de l'exosphère.
GORENFLOT..... T Botanique II (Orsay).
HOULLON..... T Biologie animale (P. C. B.).
JULLIEN..... T Chimie (P. C. B.).
MALGRANGE..... T Tech. math. de la phys.
OLIVIER..... T Antropologie.
NOZERAN..... T Botanique II (Orsay).
BLANC-LAPIERRE..... T Physique (Ens.) (Orsay).
CHEVAUGEON..... T Botanique (Orsay).
KAHANE..... T Mathématiques (Orsay).
SAMUEL..... T Mathématiques E. N. S. féminin.
KOURGANOFF..... T Astronomie (Orsay).
THIRY..... T Mécanique céleste.

Secrétaire général..... R. POUILLAIN.

Contribution à la minéralogie de l'Iran

PAR P. BARIAND,

Laboratoire de Minéralogie-Cristallographie de la Sorbonne.

Résumé. — Ce travail est consacré à l'étude systématique des gîtes métallifères de l'Iran. Une description géologique accompagnée d'un inventaire minéralogique est donnée pour chaque gisement.

Des indices de cuivre, d'uranium, de tungstène, d'or, de vanadium ont été découverts ainsi que de nombreuses espèces minérales rares : adamite, algonite, annabergite, antlérite, boléite, cabrerite, calédonite, connellite, conichalcite, descloizite, diaboléite, diopside, domeykite α et β , fornacite, lavendulanite, leadhillite, lindackérite, linarite, mixite, murdochite, PbCrO_4PbO , phosgénite, pseudoboleite, β rosélite, serpierite, tyrolite, uranospinite, vanadinite, wulfénite, zeunérite.

Trois espèces minérales nouvelles ont été décrites : un arséniate d'uranium et de magnésium, la talmessite, l'iranite.

Les propriétés cristallographiques d'espèces mal connues, précisées : β rosélite, fornacite, PbCrO_4PbO .

La minéralogie de l'Iran alpine au sens large, peut être considérée comme très semblable à celle des provinces circum-pacifiques.

INTRODUCTION

Si les publications concernant la géologie de l'Iran sont relativement nombreuses, les informations relatives à la minéralogie de ce pays sont rares, et ont trait généralement à des espèces minérales d'intérêt économique.

La vaste superficie de l'Iran (1 500 000 km²), l'accès difficile de certains gisements dont beaucoup sont abandonnés, sont autant d'obstacles à surmonter.

Nous avons délibérément écarté de ce travail la description et l'étude minéralogique des gisements de fer et de chrome pourtant abondants. Leur dispersion, leur pauvreté en espèces minérales sont les raisons essentielles de cette omission.

Malgré plus de 60 000 km parcourus par les moyens les plus divers en 1955, 1959, 1960, 1961 certaines régions n'ont pas été visitées, ce sont :

- l'ouest de l'Azerbaïdjan,
- une partie de la région d'Arak, siège de nombreuses petites minéralisations plombifères,

- la zone de Kirman,
- le Baloutchistan et diverses minéralisations de la chaîne de l'Alborz.
- les dépôts d'hématite et d'apatite de l'île d'Hormoz.

Au cours de ce travail, nous avons été amené à découvrir un certain nombre d'espèces minérales d'intérêt scientifique. Des indices de bismuth, de cuivre, d'or, de thallium, de tungstène, de vanadium, d'uranium ont été signalés pour la première fois ; ils possèdent peut-être un intérêt économique.

L'identification des minéraux a été réalisée par étude microchimique, examen des diagrammes de Debye-Scherrer et éventuellement examen des propriétés optiques.

Les propriétés cristallographiques d'espèces rares ont été précisées (β rosélite, fornacite, PbCrO_4PbO). Trois espèces nouvelles ont été décrites : la talmessite, l'iranite, l'arséniate d'uranium et de magnésium de Talmessi. Dans des échantillons apportés au Ministère de l'Industrie et des Mines de Téhéran pour être déter-

minés, nous avons identifié la cyanotrichite $\text{Cu}_4(\text{Al}_2\text{SO}_4/(\text{OH})_{12})\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ associée à la mala-chite, au cuivre natif et à la cuprite, provenant des environs de Saveh (Sud-Ouest de Téhéran), et l'ullexite venant sans doute des nombreux lacs salés situés entre Téhéran et Esfahan. Il est dommage de ne pouvoir préciser les gisements-exacts de ces échantillons.

Pour plus de clarté, nous avons adopté un classement géographique des gisements. Nous décrivons tout d'abord les minéralisations de la chaîne de l'Alborz, du Gharadagh jusqu'à Meched. A cette zone sont rattachés, par commodité, les gîtes de la région de Téhéran et les minéralisations à chalcosine de Sabzevar, qui appartiennent au grand plateau central. Ensuite nous suivrons la chaîne médiane de l'Iran, depuis le massif du Takht-e-Soleiman jusqu'à Esfahan. A partir de cette dernière ville, nous entrerons dans le Plateau Central que nous contournerons par le sud et l'est.

*
*
*

ESQUISSE STRUCTURALE DE L'IRAN

Selon la synthèse donnée par J. W. Schroeder d'après l'ensemble des travaux antérieurs, et de ses observations personnelles, on peut distinguer les éléments constitutifs suivants du complexe structural de l'Iran.

Du Sud-Ouest au Nord-Est :

1. — **Le plateau continental arabe,**
2. — **Les plis bordiers iraniens** formés de séries sédimentaires allant du crétacé au tertiaire, représentant l'avant-fosse du géosynclinal. A ces plis succèdent les écaïlles du Paléozoïque,
3. — **Les iranides**, charriées sur les plis bordiers et les écaïlles du Paléozoïque, comportent trois zones à caractères géosynclinaux :
— la zone du flysch,

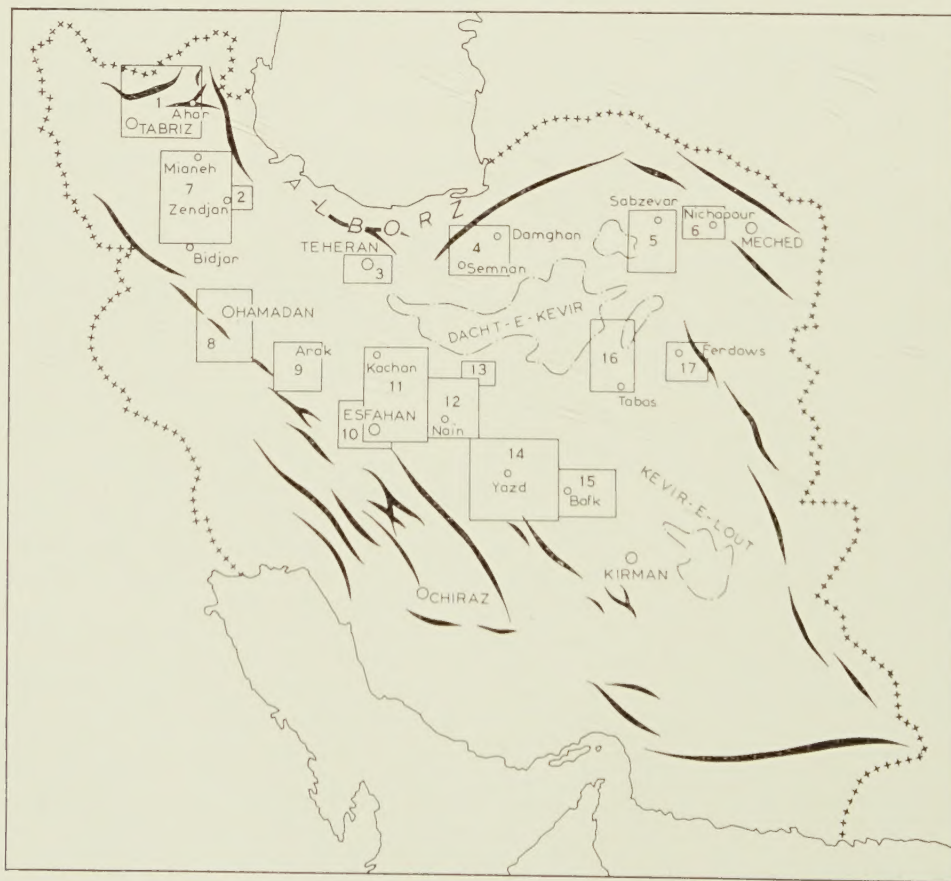


FIG. 1. — Carte générale de l'Iran. Emplacements des régions visitées. Les numéros renvoient aux chapitres du texte.

— la zone à radiolarites et ophiolites,
 — la zone de Hamadan caractérisée par une abondance de faciès métamorphiques.

4. — **La cicatrice éruptive** Ourmiah-Doukhtar (Azerbaïdjan-Sud de Kirman), caractérisée par des éruptions crétacées et tertiaires séparant les unités précédentes du plateau central,

5. — **Le Plateau Central** (ou grand kévir), recouvert de formations continentales et épiconcontinentales partant du dévonien, intercalées de manifestations volcaniques depuis le crétacé supérieur jusqu'au miocène,

6. — **Le pli de l'Alborz**, correspondant sans doute à une ride peu profonde de l'ancien socle : plate-forme russe + plateau central iranien,

7. — **L'arrière-pays tabulaire**, constitué par la plate-forme russe dont la partie méridionale de la couverture sédimentaire se plisse dans le Kopet-Dagh dans le Turkménistan.

APERÇU SUR LA RÉPARTITION DES GISEMENTS MÉTALLIFÈRES

Selon les statistiques anciennes les trois quarts des minéralisations métalliques reconnues seraient localisées dans la **zone médiane de l'Iran**, le reste, réparti dans l'**Azerbaïdjan** et l'**Alborz**. Au stade actuel des connaissances, il semble apparaître une loi de répartition différente. Il est reconnu aujourd'hui que la **périphérie du Dasht-e-Kevir** coïncidant avec un vaste système de fractures abrite la majorité des gisements métallifères. Ce plateau se comporte comme une immense fosse d'effondrement.

La plupart des gisements à gros tonnage sont aussi situés dans le Plateau Central. (Mines de plomb de : *Chah-Kouh*, *Nakhlak*, *Dareh-Zandjir*, *Mehdi-Abad*, *Kouchk*, *Osbak-Kuh*.) Mais en dehors de ce grand ensemble, certaines régions restreintes semblent également favorables à la localisation de gîtes métalliques, ce sont :

- le **Gharadagh**,
- le **massif du Takht-e-Soleiman**.

Enfin, certaines zones encore trop peu connues paraissent fort prometteuses :

- le **Nord et le Sud du Baloutchistan**,
- la **bande cristallo-métamorphique au Sud de Kirman**. (Nous avons identifié la scheelite accompagnée de molybdénite dans des échantillons de grenatite provenant de cette région.)

CHAPITRE I

LES MINÉRALISATIONS DE L'AZERBAÏDJAN SEPTENTRIONAL. LE GHARADAGH

Cette région accidentée est limitée au Nord par l'Araxes et au Sud par le bassin marno-salifère de Tabriz. Le Gharadagh est creusé de profondes vallées orientées généralement Nord-Sud, la plupart d'entre elles sont tributaires de l'Araxes. Contrairement aux autres régions d'Iran, ces rivières de caractère torrentiel, ont un régime permanent.

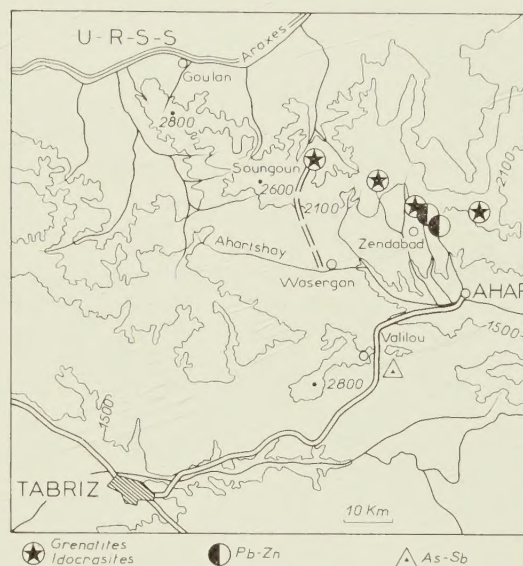


FIG. 2. — Carte des minéralisations du Gharadagh.

Mine de Soungoun.

La mine se trouve à 1 900 m d'altitude sur le flanc Est de la vallée du Soungountshay affluent de l'Ilghenatshay. Une coupe transversale de la vallée montre de l'Ouest à l'Est une série pétrographique complexe.

a) de la diorite quartzique à grain grossier, constituée de feldspaths blancs à contours automorphes avec de la hornblende et un peu de quartz ;

b) de la diorite intermédiaire à gros cristaux de feldspath et de hornblende noyés dans un fond gris vert sombre ;

c) de la diorite fine comportant du feldspath et de la hornblende en fins cristaux ;

d) des enclaves endomorphiques incluses dans la diorite quartzique constituées par de la dio-

rite fine, ou d'une roche à feldspath et hornblende à fins cristaux de structure hétérogène ;

e) des grenatites, des idocrasites, des épidotites dont la structure est fine et serrée donnant une roche dense et compacte ;

f) des cipolins blancs ;

g) des calcaires silicifiés.

La minéralisation est localisée dans des bancs de grenatites et d'idocrasites puissants de deux à cinq mètres, orientés Nord, Nord-Est parallèlement à la vallée du Soungountshay.

Elle se compose de chalcopryrite aurifère, de pyrite, d'un peu d'oligiste, les minéraux secondaires en faible quantité consistent en chrysocole, en malachite et en azurite. Un accident plombifère composé de galène massive a été rencontré, sa faible extension a limité les travaux à une courte descenderie.

Les minéralisations de la vallée.

Le flanc Ouest de la vallée, au Nord du village de Soungoun est constitué essentiellement de calcaires silicifiés bleus, qui font place vers le Nord à une roche blanche riche en feldspaths fins noyés dans une pâte siliceuse. La vallée du Soungountshay s'est formée au contact de cette roche et de celle de la rive Est.

Les diachlases de cette roche blanche sont abondamment pourvues de placages d'azurite, de malachite, plus rarement apparaît de la cuprite. D'anciennes recherches existent vers le sommet des hautes collines constituant les crêtes du flanc Ouest. Dans les alluvions consolidées du fond de la vallée, on trouve par place surtout sur la rive Est, de très beaux encroûtements de chalcantite $\text{Cu}[\text{SO}_4]_5\text{H}_2\text{O}$ qui moule les éléments du conglomérat. Dans une ancienne recherche de ce même flanc Est, près du niveau du ruisseau, nous avons remarqué, au toit des anciens travaux, de fins cristaux verts de brochantite $4\text{CuO} \cdot \text{SO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$. Cette abondante répartition des minéraux secondaires s'explique difficilement par le gisement de Soungoun-Dizeh ni même par l'ancienne mine de cuivre russe inaccessible aujourd'hui et située beaucoup plus au Nord. Il semble qu'il y ait peut être encore un gisement de cuivre à découvrir dans la région.

Les minéralisations du massif du Sheyvardagh.

Ce massif granitique est situé à une trentaine de kilomètres au Nord, Nord-Ouest de la petite

ville d'Ahar à l'Est de Tabriz. Une piste carrossable existe jusqu'au village de Zendabad à 1 800 m d'altitude au pied de la chaîne qui culmine à 2 700 m d'altitude environ.

La bordure Sud et Ouest de ce massif est caractérisée par la présence de nombreuses grenatites minéralisées en cuivre. Seuls deux accidents plombo-zincifères (Gomouchkan et Djouban) font exception.

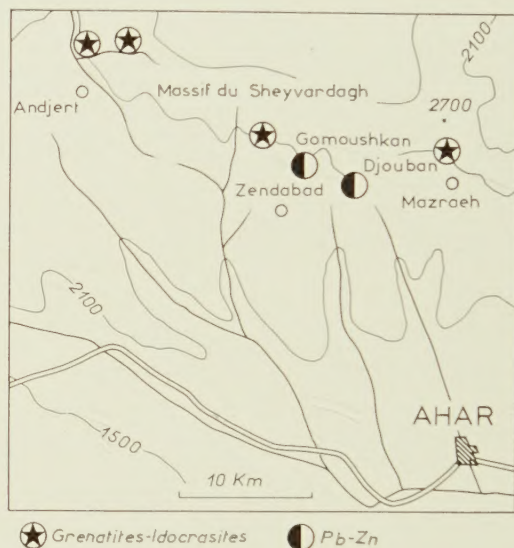


FIG. 3. — Carte des minéralisations du Sheyvardagh.

Recherche du village d'Andjeri.

Ce village est situé à 2 000 m d'altitude à l'extrémité Ouest du massif du Sheyvardagh. Les anciens travaux affectent le confluent de deux vallées au Nord du village. L'une de ces vallées constituant la limite Ouest du massif granitique. Il s'agit d'une minéralisation de chalcopryrite, de chrysocole, d'azurite, de malachite et d'oligiste, localisée dans les cassures de la roche cristalline au voisinage du contact avec des skarns à grenats. Sur le flanc Nord du ruisseau orienté Est-Ouest, on remarque des encroûtements nombreux de carbonates de cuivre. En se dirigeant vers l'est, à deux kilomètres du confluent, on arrive à d'anciens travaux de recherches à cheval sur la petite vallée. Au contact d'une granodiorite et d'idocrasites, on remarque une faible minéralisation en chalcopryrite et en pyrite. De petites galeries montrent la faible extension de la minéralisation. Sur les haldes, on retrouve les minéraux habituels, cependant l'azurite semble

plus abondante, et certains échantillons présentent des cristaux de 1 à 5 mm.

L'indice de cuivre molybdène-tungstène de Zendabad.

Au cours de la prospection de la bordure Sud du massif, nous avons trouvé dans le banc de grenatite, au Nord de Zendabad, un fort intéressant indice de cuivre. La roche, sur une puissance de plusieurs mètres, comporte une abondante minéralisation en chalcopryrite accompagnée

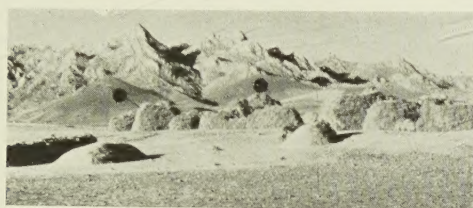


FIG. 4. — Le massif du Sheyvardagh vu du village de Zendabad. Taches noires : grenatites.

d'espèces secondaires comme la malachite et l'azurite. Dans une zone voisine, nous avons découvert de la molybdénite en paillettes de 10 mm accompagnée de chalcopryrite peu abondante. En lumière ultraviolette, on observe des mouches jaunes de ferri-molybdite et sur un échantillon de la scheelite. Il faut remarquer que ces échantillons ont été tous récoltés sur la zone riche en molybdénite. Il n'est donc pas impossible que la scheelite puisse exister dans une zone individualisée différente, qui aura échappé aux recherches. Ce banc de grenatite fort important mesure plus de 300 m de longueur, il est riche en beaux cristaux de grenats où la variété andradite est largement représentée, les dodécaèdres pouvant atteindre 4 cm d'arête sont souvent associés à de fines aiguilles d'épidote vert vif enchâssées dans la calcite ou le quartz rarement cristallisé. Cependant, nous avons observé de petits cristaux présentant la macle de la Gardette. L'idocrase, le diopside, la malachite sont plus rares.

A trois cents mètres au Nord-Ouest du village de Zendabad existent de très anciens travaux de recherche pour cuivre, se présentant sous la forme d'un petit entonnoir très évasé. Les échantillons récoltés aux alentours montrent qu'il s'agit d'un filonnet calcédonieux encaissé dans des andésites probablement d'orientation Est-

Ouest et faiblement minéralisé en cuprite et en chrysocole.

Recherche de Gomouchkan.

A quelques centaines de mètres au Sud du contact et à 5 km environ au Nord-Est de Zendabad se trouvent quelques petites recherches localisées dans des lentilles broyées orientées Nord-Est, concordantes avec des calcaires silicifiés encaissants. La minéralisation est constituée de blende, de chalcopryrite, de pyrite souvent cristallisée en cubes brillants de 10 mm. Les minéraux secondaires sont variés mais peu abondants. L'azurite, la malachite, la cérusite apparaissent en très petits cristaux, la smithsonite forme de petites boules vertes accompagnées de fines aiguilles d'hémimorphite, plus rarement l'on rencontre de la linarite $PbCu[(OH)_2 / SO_4]$ en petits cristaux aciculaires bleu brillant.

Mine de Djouband.

Cette mine se trouve approximativement à 7 km à l'Est, au Nord-Est de Zendabad. Elle est actuellement en cours de traçage. Le filon est situé à environ 2 500 m au Sud du cristallin et il a une direction grossièrement parallèle au contact. Dans cette région l'aurole métamorphique affectant toujours la même série calcaire, prend un développement particulièrement important. Les faciès très divers montrent des variations rapides et nombreuses. La mine est située dans une roche assez homogène, formée essentiellement de plagioclases de 1 mm de longueur, et comportant un peu de diopside et de hornblende, le quartz n'apparaissant pas macroscopiquement. Le minerai se compose essentiellement de blende du type marmatite généralement massive, on trouve en moindre abondance de la galène, de la chalcopryrite, et de la pyrite. Dans certaines zones, cette dernière s'isole parfois en masses importantes. Les cristaux cubiques de l'ordre du centimètre sont abondants. Les minéraux secondaires sont rares, la cérusite, la smithsonite, l'azurite, la malachite ont le même aspect qu'à Gomouchkan. En de rares endroits, on observe un peu de willémite.

Des mesures radiométriques sur les déblais et dans les travaux ont permis de déceler des anomalies assez fortes (jusqu'à 20 mouvements propres). La répartition de la radioactivité présentant des variations très brutales à l'échelle de l'échantillon, conduisait à supposer la présence

de minéraux primaires d'uranium. Une étude en section polie a permis de confirmer la présence de pechblende qui apparaît en petites concrétions caractéristiques de l'ordre du 1/100 de millimètre localisées dans les fissures de la blende et dans des agrégats non compacts de plages quartzeuses et de produits d'aspects phylliteux dans une paragenèse à galène, cuivre gris, chalcoppyrite et pyrite.

Mine de Masraeh.

Elle est située à une trentaine de kilomètres au Nord d'Ahar, au contact Nord avec le massif granitique.

Un travers banc orienté au Nord, débute dans le granite puis se poursuit dans le calcaire. La minéralisation est localisée dans une grenatite orientée Est-Ouest. Elle comporte de la chalcoppyrite souvent irisée, de la magnétite en cristaux octaédriques de 1 cm, et de l'oligiste, la malachite est pratiquement inexistante.

Mine de Valilou.

Ce petit gisement d'orpiment est situé à 1 500 m d'altitude, à une vingtaine de kilomètres d'Ahar, à gauche de la route conduisant à Tabriz. Il est exploité irrégulièrement. Les travaux, sous forme de descenderie, sont localisés dans une trachy-andésite interstratifiée dans des grès rouges ; la minéralisation affecte les joints de la roche effusive. Le filon d'orpiment vertical est large de deux mètres en moyenne, il est orienté Nord 66 g, il est pratiquement épuisé. Les espèces minérales sont peu variées, l'orpiment généralement massif et sphérolitique forme parfois de petits cristaux sans formes nettes. Le réalgar est rare, les cristaux allongés (3 à 4 cm) sont toujours enchâssés dans l'orpiment. La stibine, très rare, apparaît en fines aiguilles de 1 à 2 mm dans les géodes. La dawsonite $\text{NaAl}(\text{OH})_2\text{CO}_3$ est assez abondante formant de fines aiguilles blanches dispersées dans les fissures ou bien en groupements fibroradiés, associés à de beaux mais très petits cristaux de barytine.

CHAPITRE 2

LES ACCIDENTS CUPRIFÈRES DE ZENDJAN

Les contreforts de la chaîne de l'Alborz situés au Nord de la ville de Zendjan, sont d'accès dif-

ficile, c'est la région du Tarom, riche en affleurements cuprifères. On observe fréquemment des encroûtements de malachite aux flancs des petites vallées tributaires du Kizil-Ouzoun et orientées Nord-Sud.

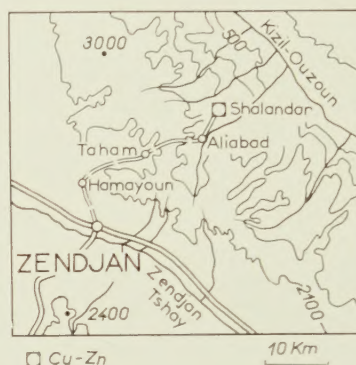


FIG. 5. — Carte sommaire de la région de Zendjan.

A quelques kilomètres au Nord du petit village d'Aliabad, situé lui-même à une cinquantaine de kilomètres de Zendjan, de petits travaux miniers affectant le flanc Ouest d'une étroite vallée, ont rencontré une minéralisation sporadique en blende et covellite dans un petit filon quartzeux d'orientation Est-Ouest, encaissé dans une gabbro-porphyrite. En surface on observe un peu de malachite et d'azurite.

Au Nord-Est du village de Taham à environ deux km en direction d'Aliabad, on remarque de puissants filons d'épidote en fines aiguilles associées à du quartz souvent cristallisé.

CHAPITRE 3

LES MINÉRALISATIONS DE LA RÉGION DE TÉHÉRAN

Les abords de la capitale de l'Iran sont le siège de minéralisations nombreuses mais peu importantes. Beaucoup d'entre elles n'offrent que peu d'intérêt minéralogique, ce sont : le gîte de Pasghaleh situé sur le flanc Sud de l'Alborz à quelques kilomètres au Nord de la petite ville de Chemiran où des andésites sont imprégnées localement de pyrite, de blende et d'un peu de galène. D'autre part, près du sanctuaire de Chah Abdol Azim au lieu dit Bibi Chah Banou, de faibles minéralisations plombifères à gangue de quartz sont connues depuis longtemps. Plus

au Sud-Ouest de la capitale, la mine de pyrolusite de Robat Karim localisée dans des andésites tertiaires est toujours en activité.

Le massif de Ghasreh-Firouze situé à une dizaine de kilomètres à l'Est de Téhéran affleure sur quelques kilomètres carrés, au centre d'un anticlinal de calcaires et de dolomies interstratifiées d'andésites, est recoupé par des microgranites et des microdiorites. Le long du contact Nord-Est et dans les joints du calcaire se trouvent de petits dépôts de magnétite. Cette dernière se présente souvent en octaèdres peu nets de 2 à 3 cm accompagnés de sidérite et d'un peu de pyrite.

Le gîte de fer de Meskerabad situé à une quinzaine de kilomètres au Sud-Est, à droite de la route de Meched affleure sur le flanc Sud-Ouest d'un anticlinal symétrique du précédent par rapport à un synclinal orienté Nord-Ouest. La magnétite est disposée dans les joints du calcaire encaissant orienté Nord-Ouest et redressé à la verticale.

Par contre, trois gisements de sulfates (gypse, thénardite et celestite) offrent un grand intérêt minéralogique.

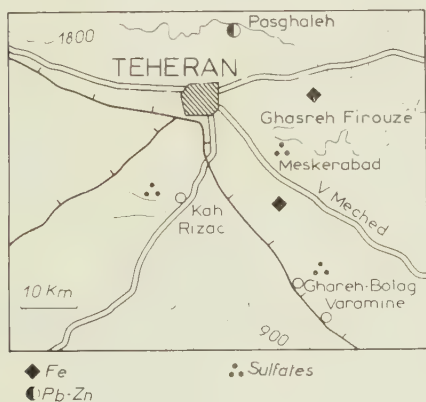


FIG. 6. — Carte des minéralisations de la région de Téhéran.

Gisement de gypse de Meskerabad.

Il est situé à 10 km au Sud-Est de Téhéran.

Les formations de gypse et de marnes se trouvent au-dessus d'une couche d'andésite qui recouvre une bande très épaisse de conglomérat, le gypse, l'anhydrite sont très abondants.

Les travaux miniers en carrières et en galeries ont rencontré une très grande géode de 10 m de long et d'une largeur variant de 50 cm à 3 m, la hauteur faible aux extrémités peut atteindre

3 m dans la partie médiane de la cavité. Elle renferme de nombreux cristaux de gypse dont les dimensions varient de quelques centimètres à 1 m, la moyenne étant environ 10 à 20 cm. La plupart d'entre eux sont maclés et biterminés.

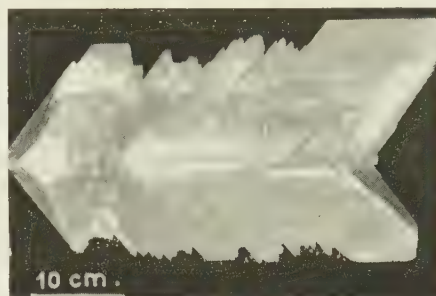


FIG. 7. — Cristal de gypse, Meskerabad.

Dépôt de sel de Kah-Rizac.

Un lac salé temporaire important forme une tache blanche près du hameau de Kah-Rizac, à une vingtaine de kilomètres au Sud de Téhéran.

On y a trouvé de nombreux cristaux de thénardite parfaits, atteignant jusqu'à 4 cm de longueur, ils sont transparents, prenant parfois une couleur grise après exposition à l'air humide. Sur les échantillons récoltés, nous n'avons pas remarqué la macle caractéristique de cette espèce.

Indice de strontium de Chareh-Bolag.

Un petit amas de celestite affleure dans un contact de gypse et de marnes, dans les chaînons calcaires situés à quelques centaines de mètres au Nord de la station de chemin de fer d'Abardch près de Varamine. Les cristaux sont très abondants, généralement blanc bleuté. Très tabulaires, certains d'entre eux dépassent 10 cm de côté.

CHAPITRE 4

LES MINÉRALISATIONS POMBO-ZINCIFÈRES DE LA RÉGION COMPRISE ENTRE SEMNAN ET DAMGHAN

Le flanc Sud de la chaîne de l'Alborz, compris entre les villes de Semnan et de Damghan, abrite de nombreuses minéralisations essentiel-

lement plombifères, sans grand intérêt économique.

La quasi-totalité de ces petites recherches consiste en de faibles amas de galène, situés dans des contacts schisto-calcaires. Il s'agit généralement de petits travaux faisant suite à des exploitations anciennes.

nombreux dépôts d'hématite situés au Nord de Semnan, nous avons identifié l'halotrichite $\text{Fe}''\text{Al}_2(\text{SO}_4)_4 \cdot 22\text{H}_2\text{O}$ en fines aiguilles aciculaires blanches sur les parois des galeries riches en hématite. Le soufre associé au gypse dans les petites exploitations situées à l'Est de Semnan n'offre que peu d'intérêt minéralogique.

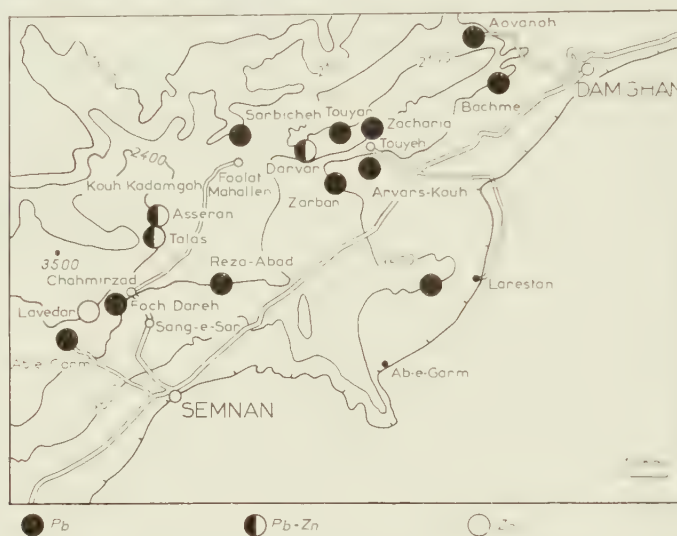


FIG. 8. — Carte des minéralisations de la région comprise entre Semnan et Damghan.

Les espèces minérales sont peu variées, citons toutefois la fluorine incolore en petits cubes de 1 à 2 cm d'arête à Abe-e-Garm, et les petits sphérolites de smithsonite jaune de Lavedar.

Par contre, le gîte de Touyeh-Darvar, abandonné depuis 1960, était relativement important. Des amas calaminaires en forme de choux-fleurs, étaient situés dans un contact de schistes et de calcaires sur le flanc Est d'une profonde vallée orientée Nord-Sud. L'hémimorphite très abondante se présentait en amas cristallins de couleur brune, les cristaux étant peu développés. Exceptionnellement, en liaison avec de la cérusite maclée suivant (110) et l'hydrozincite massive, on observait de petits cristaux d'hémimorphite parfaits aplatis sur (010) présentant souvent la terminaison hémimorphique. Les résidus de galène sont accompagnés de blende, de massicot PbO et de minium. Des amas limités de phosgénite $\text{Pb}_2(\text{CO}_3)\text{Cl}_2$ ont été découverts à Zarban, ce minéral de couleur brune se présentait parfois en très petits cristaux peu nets. La sélénite, la sidérite étaient abondantes à Aavanoh. Lors d'une visite rapide de l'un des

CHAPITRE 5

LES MINÉRALISATIONS CUPRIFÈRES DE LA RÉGION DE SABZEVAR

Mine de Dahaneh-Siah.

Cette très ancienne exploitation est située à une centaine de kilomètres au Sud de Sabzevar, à droite de la piste conduisant à Tabas, au cœur du Plateau Central. Elle fait partie des nombreux gîtes cuprifères qui entourent le désert de Sabzevar. Il s'agit de gisements d'imprégnation à chalcosine, localisés dans un massif de roches microgrenues gabbrodioritiques, à phéno-cristaux de plagioclases gris.

À Dahaneh-Siah, la minéralisation est dispersée dans des collines orientées environ Nord 65 g Est. Le massif éruptif est criblé de géodes de quelques centimètres cubes garnies de zéolites parmi lesquels nous avons pu déterminer l'analcime et le mesotype. Les cristaux peu développés sont parfaits surtout pour l'analcime. La proximité de la chalcosine colore les cristaux

transparents d'analcime en vert pâle. Ce massif est fortement diaclasé et la minéralisation est généralement concentrée au voisinage des cassures. L'exploitation ancienne est caractérisée par de nombreuses carrières ; les exploitants modernes ont foncé quelques puits atteignant le ni-

pour retrouver les minéralisations importantes qui rendirent célèbres ces fameuses exploitations.

La turquoise dont la couleur varie du bleu pâle au bleu-vert forme de petits filonnets au sein d'une masse trachytique à ciment ferrugineux. L'apatite est assez largement répandue, dans la roche encaissante. D'autre part, des



FIG. 9. — Carte sommaire de la région de Sabzevar.

veau hydrostatique à une trentaine de mètres de profondeur, mais la pauvreté du minerai a arrêté l'exploitation. Les minéraux cuprifères sont peu variés. Ils comprennent dans des zones oxydées peu développées de la cuprite localisée au contact de la limonite, de la malachite assez rare, et du chrysocole en fins plaquages. La chalcosine cubique est associée lame à lame avec un peu de covellite, elle est parfois auréolée de bornite.

CHAPITRE 6

LA MINE DE TURQUOISE DE NICHAPOUR

Les anciens gisements sont actuellement abandonnés. Des travaux souterrains sont entrepris

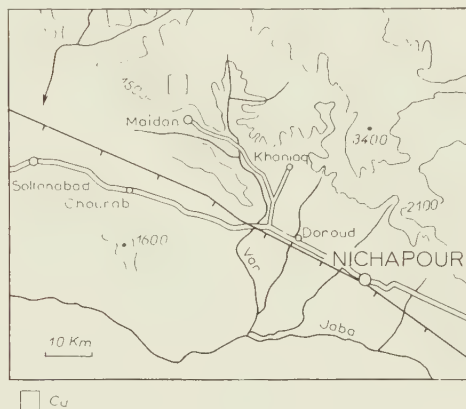


FIG. 10. — Emplacement des mines de turquoise de Nishapur.

sulfures comme la pyrite et la chalcopryrite sont abondants. Les parois du travers-banc actuel sont souvent recouvertes d'incrustations de chalcantite dont la couleur intense disparaît après exposition des échantillons à l'air et à la lumière.

CHAPITRE 7

LES MINÉRALISATIONS DU MASSIF DU TAKHT-E-SOLEIMAN

Ce massif montagneux situé entre la chaîne de l'Alborz et la cicatrice éruptive (Ourmiah-Doukhtar) se trouve un peu à l'Est du lac d'Ourmiah. D'accès difficile, il a été peu travaillé à l'exception des gisements d'orpiment de la région de Zarehchouran ; les découvertes de minéralisations cuprifères à Baytchebagh, de plomb et de zinc à Angouran et à Ay-Ghala-Sih sont relativement récentes.

La mine de Baytche-Bagh.

Elle est située à 1 600 m d'altitude à une centaine de kilomètres au Sud-Ouest de Mianeh. Elle est accessible par une piste carrossable,

malheureusement le franchissement des rivières à gué, en rend l'approche difficile en période de crues. Le gisement est situé sur le flanc Nord du Kal-e-Tshay, vallée profondément creusée dans les calcaires.

ment cobaltifères peut-être indépendants de ceux de chalcoppyrite. La zone d'oxydation contrairement à celle des gîtes cuivreux du Plateau Central est peu développée. Nous y avons constaté l'existence d'azurite en cristaux nets de 10



FIG. 11. — Carte des minéralisations du Massif du Takht-e-Soleiman.

Découverte en 1938, elle est actuellement exploitée par l'armée pour le cuivre. On y a reconnu plusieurs filons, puissants de 50 cm à 150 cm, longs de 500 à 1 000 m, orientés Nord 60 g avec un pendage vertical. Le remplissage dominant est constitué de chalcoppyrite mais la blende et la galène peuvent dominer localement. On avait constaté des teneurs en or notables (60 gt pour des concentrés cuivreux à 30 %). Depuis la publication de l'ouvrage de Ladame en 1945, la smaltite y a été trouvée en assez grande abondance. Mais d'après nos propres constatations sur les tas stockés sur le carreau, il semble qu'il existe des filonnets plus spéciale-

à 15 mm et de la malachite fibreuse, localisée dans des zones limonitisées. La bieberite, $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, rare, forme des auréoles roses sur la smaltite. La sidérite en rhomboèdres brunâtres de quelques millimètres de longueur est assez répandue. La puissance des filonnets de smaltite atteint 5 à 25 cm, certains d'entre eux présentent une allure nettement rubanée, avec à l'éponte une mince bande quartzreuse, puis une bande épaisse de 4 mm à 10 mm de dialogite. L'essentiel du remplissage est constitué par de la smaltite à gangue de quartz et de la calcite. Quelques petits éléments pyriteux métasomatiques sont observables au microscope dans l'éponte elle-

même ; aucune structure cataclastique notable n'apparaît entre les éléments du remplissage, tant macroscopiquement que microscopiquement. Les constituants semblent s'être mis en place tranquillement, mais avec une part notable de remplacement mutuel comme nous le verrons par la suite.

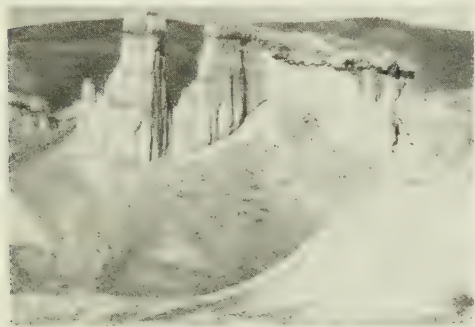


FIG. 12. — Vallée du Kal-e-Tshay, près de la mine de Baytché-Bagh.

Au microscope, en lumière réfléchie, on observe : or, cuivre, bismuth natifs ; bismuthinite, tennantite, arsénitures cubiques de Co, Ni, Fe et chalcopryrite ;

or natif : il est uniquement localisé dans le mince peigne quartzeux des épontes, près du contact de celles-ci avec la dialogite, il apparaît sous forme d'éléments sans contours définis atteignant le 1/10^e de millimètre. Il s'agit certainement d'or hypogène ;

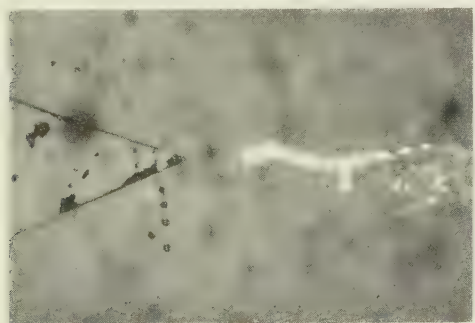


FIG. 13. — Or natif dans quartz L. N. $\times 300$, Baytché-Bagh.

pyrite : nous l'avons déjà citée dans les épontes, très rare, sinon inexistante dans les complexes à Ni, Bi. Nous l'avons trouvée en petits dodécaèdres dans un minerai à cuivre gris

dominant où ces derniers ne sont pas représentés ;

bismuth : il est abondant, toujours cristallisé, en général sous forme squelettique ou en arêtes de poisson. Les agrégats peuvent atteindre plusieurs millimètres. Ceci implique une température de formation assez basse. Nous verrons par la suite que c'est sur ces éléments squelettiques de bismuth que s'est déposée la tennantite et que, par la suite, le bismuth a pu être remis en mouvement.

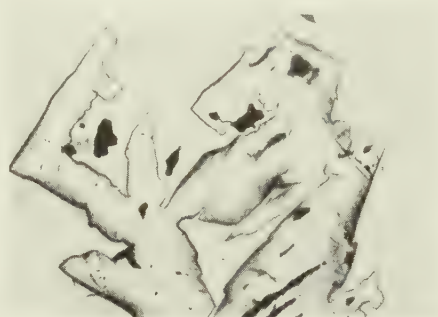


FIG. 14. — Dendrites de bismuth L. N. $\times 150$, Baytché-Bagh.

A noter en bordure des plages de bismuth natif, soit au contact d'arsénitures de Ni, Co, soit au contact de la gangue carbonatée, de petites plages de bismuthinite à structure lamellaire. Celle-ci se retrouve à l'état isolé dans les gangues ;

tennantite $3 \text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{As}_2\text{S}_3$: elle a été identifiée grâce à ses caractères optiques, à son pouvoir réflecteur voisin de 30 % et une isotropie parfaite, à la sonde de Castaing la présence de Cu, d'As et de S avec un peu d'argent a été décelée.



FIG. 15. — Tennantite réticulée, L. N. $\times 150$, Baytché-Bagh.

Elle est observable sous une forme inaccoutumée, de travées rectilignes, à contours indécis

au fort grossissement, formant par associations des agrégats réticulés. Ces derniers peuvent être englobés, soit dans la gangue carbonatée, soit dans les arséniures de Co, Ni. On observe que la tennantite borde les cristaux de bismuth. Tous les états intermédiaires sont possibles entre une telle association et les travées de tennantite isolées après corrosion plus ou moins complète du bismuth par les arséniures ou par la gangue.

Il y aurait donc eu :

- cristallisation du bismuth,
 - dépôt du cuivre gris sur celui-ci,
 - remise en mouvement du bismuth con-
- nexe de l'individualisation des arséniures et de la calcite, le cuivre gris étant respecté.

Les arséniures : ils sont le constituant principal. Les essais microchimiques montrent que le cobalt domine, le nickel étant abondant ainsi que le fer. A la sonde de Castaing on constate un enrichissement en fer à la périphérie des cristaux. L'attaque nitrique montre de remarquables structures zonées. Les trois constituants classiques de Ramdohr sont présents. Il s'agit donc d'une smaltite-skutterudite. En bordure de ces arséniures cubiques existent quelques rares sections lancéolées présentant les caractères de la safflorite-rammelsbergite.

En association avec ces arséniures, mais localisés au contact du quartz et de la dialogite de l'éponte, on remarque quelques petits éléments automorphes de cobalite et de linnéite (Co_3S_4) ;

cuivre natif : il est très rare, en petits éléments sans contours définis dans les arséniures ;

chalcopryrite : très rare dans les complexes à nickel-cobalt, elle apparaît en petites mouches dans les carbonates ; elle est peu abondante dans le minerai étudié ici, bien qu'elle forme l'essentiel du minerai exploité, elle est alors souvent irisée et forme des sphénoïdes nets de plus de 10 mm.

Le constituant uranifère : les sections montrent une notable activité. L'empreinte de Hiller indique de nettes localisations d'uranium. Au microscope et en correspondance avec ces localisations, on constate l'existence d'un produit : nettement sphérolitique, moulant le bismuth ou les arséniures et moulé lui-même par la calcite, au pouvoir réflecteur faible voisin de celui de la calcite. Entre nicols croisés, tous les intermédiaires sont possibles entre :

a) L'extinction avec quelques réflexions internes brunâtres, l'ensemble de ces caractères correspondant alors à la coffinite ;

b) L'éclairement avec apparition de croix noires, il s'agit probablement d'un remplace-

ment presque total de coffinite par de l'opale évoluant en silice crypto-cristalline.

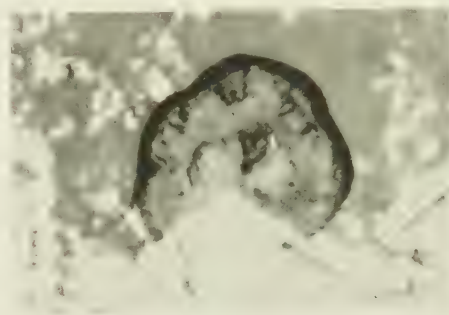


Fig. 16. — Coffinite, L. N. $\times 500$, Baytché-Bagh.

La coffinite résulte probablement elle-même d'un remplacement de pechblende concrétionnée conformément aux observations de Ramdohr sur les minerais à bismuth et arséniures de nickel-cobalt de Schneeberg.

La succession d'ensemble dans le minerai à bismuth-nickel-cobalt, etc., de Baytche-Bagh peut donc être schématisée comme suit :

- quartz, or et dialogite,
- bismuth natif, bismuthinite, tennantite,
- remise en mouvement partiel du bismuth,
- des arséniures de nickel-cobalt, pechblende,
- épigénie de la pechblende en coffinite.

L'intérêt des minerais de Baytche-Bagh est double. C'est le premier gisement de bismuth en Iran, d'une part. D'autre part, on peut assimiler à la paragenèse dite à sept métaux des auteurs soviétiques modernes (Ni, Co, Bi, Ag, U, Mo, Au). Il manque Mo, l'argent apparaissant en petites quantités dans la tennantite. Mais on peut néanmoins, grâce à la présence d'or, rattacher Baytche-Bagh à un type de gîte de chaîne récente comme le confirme la présence de dialogite dans la gangue.

La mine de Zarehchouran.

Elle est peu accessible à 2 400 m d'altitude à environ cinquante kilomètres au Nord de la petite ville de Takab.

Ce gisement d'orpiment a été exploité épisodiquement pour les pâtes dépilatoires. Une tentative de reprise des travaux a eu lieu récemment dans l'intention d'utiliser l'arsenic pour les insecticides, mais sans grand succès. Actuellement, les niveaux inférieurs sont noyés et les travaux inaccessibles. La minéralisation en arse-

nic est localisée dans un gros filon de quartz très riche en fines aiguilles de stibine, ce qui lui donne un aspect noirâtre très trompeur. Les observations partielles de surface nous permettent de penser qu'il s'agit d'un amas allongé d'une puissance voisine de vingt mètres, intrusif dans une série comprenant des chloritoschistes, des talcschistes à magnétite et des calcaires.

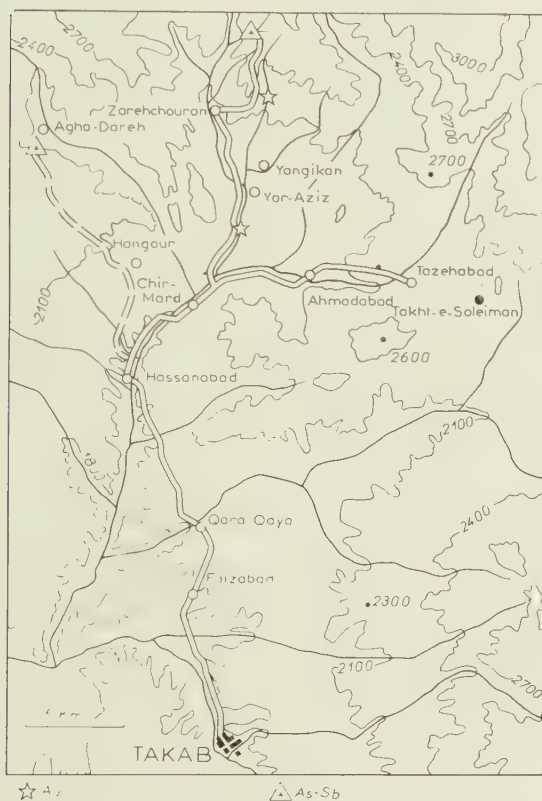


FIG. 17. — Carte des gisements de la région de Zarchchouran.

Des failles importantes semblent avoir conditionné la mise en place de cette intrusion. La minéralisation comprend la paragenèse suivante : quartz, orpiment, réalgar, cinabre, blende, galène, pyrite, melnikovite, stibine, métastibine, boulangérite, lorandite, arsénolite et claudérite.

D'après les renseignements obtenus sur place, les zones minéralisées formaient des lentilles dispersées dans la masse quartzreuse. A l'intérieur de ces lentilles, le minerai était réparti le long des fissures et dans des géodes. D'après l'examen des échantillons récoltés sur les halles, une relation étroite apparaît entre la gangue quartzreuse et le minerai qu'elle renferme.

Le quartz : très abondant et finement cristallisé, de couleur sombre due à de nombreuses inclusions de stibine. Criblé de géodes, il renferme de l'orpiment généralement bien formé ; souvent les cristaux de quartz sont empilés en formations stalactitiques supportant à leur extrémité des cristaux d'orpiment.

L'orpiment : c'est le minerai dominant constituant d'énormes lentilles au cœur desquelles subsiste souvent un noyau de réalgar. Les cristaux dont certains dépassent 3 cm de longueur sont abondants et présentent souvent des formes remarquables, les faces (111) (010) (110) (101) étant très développées. Leur couleur est très variable, du jaune brunâtre au rouge orangé, parfois noirâtre. L'analyse spectrographique de ces derniers échantillons révèle alors des traces importantes de thallium.

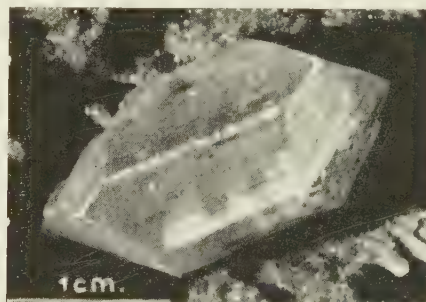


FIG. 18. — Cristal d'orpiment sur quartz. Zarchchouran.

Le réalgar : bien qu'il en subsiste des petits amas au cœur des lentilles d'orpiment, ce minéral est peu abondant ; il est très rarement en cristaux ; ces derniers, prismatiques, sont très allongés et finement striés, ils ne dépassent guère quelques millimètres de longueur.

Le cinabre : il est peu abondant, formant de petites masses d'un brun rouge localisées surtout dans le réalgar.

La blende : de couleur jaune brun, très dispersée dans le quartz, elle semble abondante, les cristaux rares en forme de tétraèdres sont très petits.

Les autres sulfures sont plus rares. Ce sont la stibine et la méta-stibine généralement associées dans le quartz, la méta-stibine est souvent en aiguilles à réflexions internes rouges en section polie. La galène, la pyrite, la boulangérite $5\text{PbS} \cdot 2\text{Sb}_2\text{S}_3$, la melnikovite généralement de couleur bronzée et mamelonnée sont les accompagnateurs des minéraux cités plus haut.

La lorandite : $Tl_2S \cdot As_2S_3$. Cette espèce minérale très rare, connue seulement en Macédoine et dans l'État du Wyoming USA, est présente dans le gisement de Zarehchouran dans des masses de réalgar, en très petits cristaux, sans formes nettes. D'une couleur rouge carmin à bon clivage.

L'arsénolite As_2O_3 et la claudérite As_2O_3 tapissent de très petits cristaux les masses d'orpiment au contact du réalgar. L'arsénolite forme généralement de petites masses arrondies de couleur blanche, la claudérite en octaèdres incolores parfois jaunâtres est plus rare.

Les recherches des environs de Zarehchouran. Travaux situés au Nord de la mine.

Il s'agit de petites recherches situées à 2 450 m d'altitude, sur le flanc d'une colline couverte d'éboulis. Accessibles à pied à environ 30 mn de Zarehchouran. Les travaux comportent deux amorces de galeries de deux à trois mètres de long. La roche encaissante est un quartzite. La minéralisation n'est pas visible en place. Les haldes montrent quelques blocs renfermant du réalgar, de l'orpiment mamelonné, de la blende et de la melnikovite. Localement, on observe un peu de barytine massive, la stibine, abondante, se présente en aiguilles ne dépassant pas deux centimètres. D'après la taille des blocs, la formation ne devait pas dépasser 20 cm de puissance.

Recherche d'Agha-Dareh.

Ces travaux sont accessibles par une très mauvaise piste à partir du village de Chirmard. On constate la présence de deux centres de recherche dans une vallée aride au Sud-Ouest du village. Les travaux, compliqués, sont localisés dans une série marnocalcaire où la stibine se présente en filons couchés de direction Nord 90 g et de pendage Sud 30 g dans les marnes.

Premier centre :

Sur les haldes, on observe divers minéraux provenant du défilage d'une lentille. La stibine domine, accompagnée assez souvent de fines aiguilles de kermesite, et de rares mouches d'orpiment et réalgar au voisinage des épontes. Certains blocs peu importants comportent de la stibine complètement épigénisée en stibiconite $H_2Sb_2O_5$.

Deuxième centre :

Il est situé à deux cents mètres à l'Est. Les entrées des galeries sont éboulées, les travaux inaccessibles. Le remplissage d'un mètre environ de puissance se présentait sous forme de lentilles peu importantes. Les roches encaissantes sont très altérées, le tout semblant une minéralisation lenticulaire affectant une zone bréchique.

L'or dans la région de Zarehchouran.

Les importantes terrasses alluviales situées au Sud du village de Yarazis, en bordure de la rivière, sont considérées comme d'anciennes exploitations aurifères.

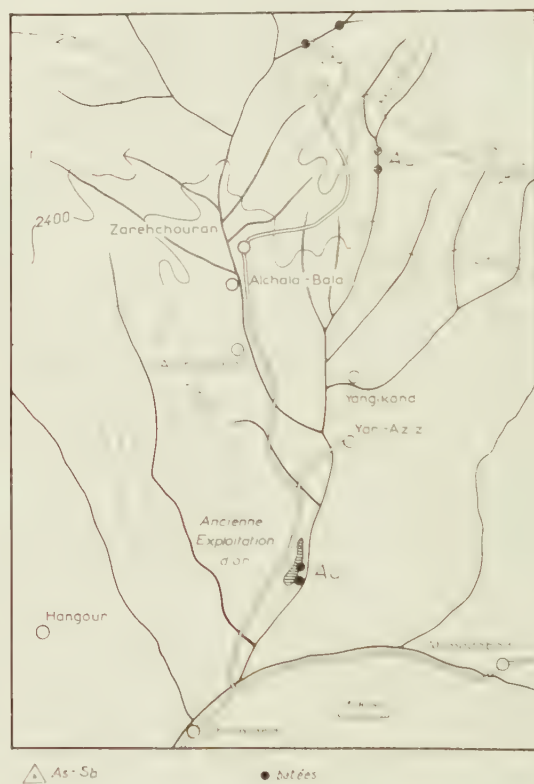


FIG. 19. — Carte des indices aurifères de la région de Zarehchouran.

Nous avons vérifié dans les alluvions récentes de la vallée, à proximité des travaux anciens, la présence de l'or. Le prélèvement a été effectué dans une couche de fins graviers situés au « bed-rock » atteint par un puits de 1,50 m de profondeur. L'analyse du fond de batée montre que les

oxydes de fer dominant : hydrates ferriques, (35 %) ; hématite (20 %) ; magnétite (10 %) ; en quantités moindres on observe de la pyrite, de l'orpiment, du cinabre, de la barytine, de la scheelite, du grenat, du rutile et du zircon.

L'or se présente en fines paillettes au nombre d'une dizaine par batée (l'une d'entre elles mesurait 1 mm).

Un autre prélèvement a été effectué à proximité de ce qui semblait être l'extrémité d'un ancien rife. Un léger cône de graviers situé à l'extrémité la plus basse d'une dépression bordée de déblais en marquait l'emplacement.

L'examen du concentré montre une proportion plus grande de magnétite (45 %), le cinabre, la barytine y sont plus rares, l'orpiment et l'or n'apparaissent pas. Il s'agit de toute évidence de rebuts de lavage.

Deux autres batées ont été réalisées dans les alluvions récentes de la Maldarani, au-dessous d'un accident quartzeux à pyrite et fluorine compris entre la piste conduisant à la mine d'arsenic de Zarehchouran et la vallée. Ici, la pyrite domine (40 %) ; on y trouve de la blende, de la pyromorphite, du cuivre gris, de la magnétite, de la scheelite, de la galène, de l'orpiment, du réalgar, du cinabre, du quartz, de la barytine et de la fluorine.

L'or se trouve en paillettes inférieures au 1/4 de millimètre.

Un autre prélèvement fait à l'amont du précédent montre une augmentation de la magnétite, de l'ilmenite et des autres constituants auxquels s'ajoute l'épidote ; l'or n'a pas été rencontré.

Enfin, deux autres batées ont été faites dans le ruisseau situé au pied de la colline où se trouve la mine d'arsenic. Le premier concentré effectué à l'amont du gisement montre un peu de magnétite, de la pyrite, de la blende, du cinabre, du réalgar, du cuivre gris, de la stibine, de la barytine. La plupart de ces minéraux constituant l'essentiel de la paragenèse de Zarehchouran. La magnétite provenant des schistes encaissants. Le deuxième prélèvement, situé à l'aval de la mine au confluent de deux ruisseaux traversant des schistes, est riche en magnétite (50 %) ; seuls la pyrite, le grenat, l'épidote, le rutile et le zircon l'accompagnent.

Nous pouvons donc affirmer l'existence d'anciennes exploitations alluvionnaires d'or à proximité de Yarazis. L'ampleur des travaux, la présence actuelle de l'or dans les alluvions récentes permettent de supposer la présence de l'or dans les roches avoisinantes. Une prospection détaillée permettrait d'en préciser l'origine. Signalons

que le nom du village de Zarehchouran signifie en persan « lavages d'or ».

Le mercure de Yarazis et de Chirmard.

L'écrivain du IX^e siècle, Ibn Mohelhel mentionne la présence du mercure à l'Ouest du Zendjan Tshay, ce qui correspond au massif du Takht-e-Soleiman. Le cinabre de cette région est connu depuis longtemps en association avec le réalgar et l'orpiment, en liaison plus ou moins étroite avec des phénomènes volcaniques. G. Ladame, en 1945, signale le mercure dans les grès constituant la falaise au sommet de laquelle est construit le village de Yarazis ; et dans les basaltes du village de Chirmard. Ces deux villages limitant en extension les anciennes exploitations aurifères. Ce mercure se trouve toujours situé à proximité immédiate des habitations, en quantité très faible. Il paraît vraisemblable que ce mercure dont on connaît la grande mobilité a servi pour la fabrication d'amalgame mercure-or. Ce procédé très anciennement connu a peut-être été utilisé par les autochtones qui auraient obtenu le mercure à partir du cinabre de la région.

La mine d'Angouran.

Elle est située à 180 km par route et par piste à l'Ouest de la ville de Zendjan, à une altitude de 3 000 m, dans une région accidentée.

Les anciens travaux y sont très développés et ont dû avoir pour objet l'extraction du minerai oxydé de plomb. L'exploitation actuelle par carrière et reconnaissance en galerie porte surtout sur la minéralisation zincifère.

Le gisement se présente en amas de remplacement dans des calcaires et des calcschistes dans une zone de fracturation en charnière d'orientation nord 180 g Est et au voisinage de failles transverses Nord 50 g le long desquelles se localisent les zones à forte teneur. L'ensemble de la carrière a une longueur de 400 m et une largeur de 200 m. La zone minéralisée la plus importante se situe dans la partie Nord-Ouest. Elle a 150 m de long sur 100 m de large, son épaisseur étant d'une trentaine de mètres. Le minerai y a une teneur de l'ordre de 20 % de zinc et 5 % de plomb. Le minerai est généralement massif et les espèces peu variées. L'hémimorphite forme dans des fissures de petits cristaux aplatis sur (010), souvent recouverts de limonite. L'hydrozincite massive et la smithsonite rubanée de couleur blanche l'accompagnent. La cérusite, l'anglésite

ne sont pas rares, mais n'offrent que peu d'intérêt minéralogique. Toutefois, nous avons observé de petits cristaux hexagonaux de pyromorphite jaune miel de quelques millimètres de long. Le massicot forme souvent des enduits jaunâtres à proximité de la cérusite et de la galène. Une petite galerie située à gauche de l'entrée de la carrière principale a rencontré de beaux amas de calcite rhomboédrique et d'aragonite coralloïde.

Au Nord de l'exploitation, à environ 1 km au flanc Sud d'une colline calcaire, de petits travaux de recherche ont montré une lentille de fluorine en cristaux cubiques de couleur allant du blanc au violet pâle dépassant peu le centimètre.

La présence d'or, d'argent, de cuivre, de nickel, de cobalt, de bismuth, d'uranium à Baytche-Bagh ; d'arsenic, d'antimoine, de mercure, de thallium, d'or et de scheelite au Nord de Takab ; de plomb et de zinc à Angouran et à Ay-Ghala-Sih permet de supposer que le massif du Takht-e-Soleiman constitue une nouvelle province métallogénique.

CHAPITRE 8

LES MINÉRALISATIONS DE LA RÉGION DE HAMADAN

Elle est caractérisée par la présence au Sud de la ville d'un massif granitique important (l'Elvend) affleurant sur 150 km² environ, d'orientation Nord, Nord-Ouest.

Ce granite affleure dans une série de schistes métamorphiques, au voisinage du contact Est, à proximité du village de Deh-Now. Près du village existent de nombreuses veines pegmatitiques, riches en tourmaline noire (d'ailleurs abondante dans le massif), les cristaux mal formés atteignant parfois 10 cm. Ils sont associés à des masses importantes de muscovite. Quelques grenats du type spessartite sont liés à de rares mouches d'apatite verte. Les schistes encaissants comportent des silicates de métamorphisme, en particulier de la chiastolite très répandue en association avec de petits octaèdres de magnétite.

On peut observer que l'influence de la granitisation sur la bordure métamorphique a été très faible. Les schistes de cette bordure sont très pauvres en feldspath. Le contact nord, au sud de Gandj-Nameh, est souligné par des faciès agmatiques très développés. A proximité sur le

flanc Est de la vallée ouest, on remarque de nombreuses masses de disthène et parfois du diopside en gros cristaux vert pâle.

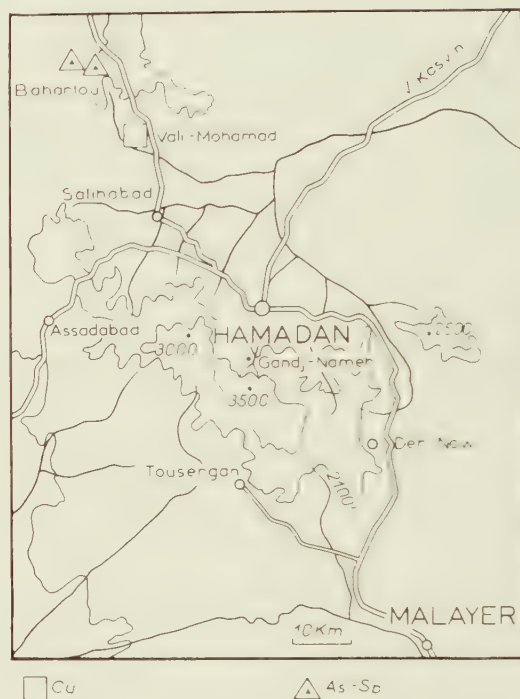


Fig. 20. — Carte de la région de Hamadan.

Ce massif est caractérisé dans son ensemble par l'absence de minéralisation. Bien que Ladame signale d'anciennes exploitations d'or alluvionnaire, nous n'avons remarqué la présence d'aucun indice.

Les recherches de Vali Mohamad.

Ces travaux récents sont situés à quarante kilomètres au Nord, Nord-Ouest de Hamadan. Ils ont mis en évidence une minéralisation dans des lentilles de quartz encaissées dans des schistes grossiers. La chalcopryrite domine, associée à des carbonates : malachite fibreuse et azurite en très petits cristaux.

La mine de Bahar Lou.

Elle se trouve à 70 km au Nord, Nord-Ouest de Hamadan, à gauche de la route conduisant à Bidjar. Au lieu dit « Gol-Tapeh » une piste conduit à la mine que l'on atteint après 6 km.

La minéralisation composée de stibine est lo-

calisée dans une roche à structure microlitique constituée de fins cristaux de feldspath associés à une pâte fine. Le gisement est orienté Nord, Nord-Est et se répartit en quatre formations parallèles mal reconnues et exploitées par une vingtaine de petits puits.

Au cours de la visite de l'un d'entre eux, nous avons pu observer de petites mouches d'orpiment et de réalgar noyées dans la roche encaissante à proximité des concentrations de stibine.

Les échantillons de stibine observés sur les haldes, ainsi que ceux exposés à la collection de la Faculté Technique de Téhéran, permettent de penser que cette exploitation a pu fournir des cristaux remarquables, ceux-ci pouvaient atteindre plusieurs dizaines de centimètres, souvent terminés et très brillants. Certains étaient en partie transformés en stibiconite.

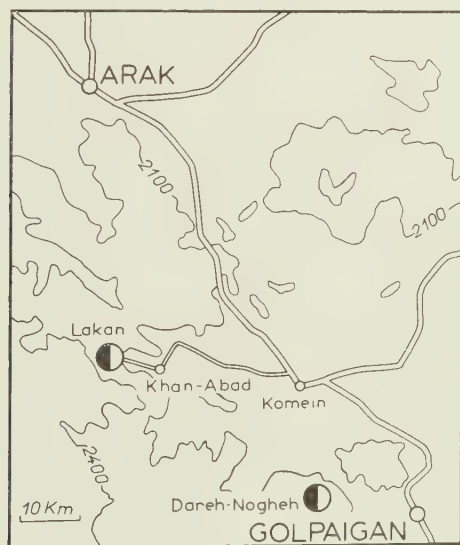
A quelques kilomètres, à l'Est, se trouvent d'autres recherches du même type, caractérisées par une grande abondance d'orpiment mame-lonné et de réalgar, rencontrés à plus de 17 m de profondeur.

CHAPITRE 9

LES MINÉRALISATIONS PLOMBIFÈRES DE LA RÉGION D'ARAK

La mine de Lakan.

Elle est située à quelques dizaines de kilomètres à l'Ouest du village de Khomein.



● Pb-Zn

FIG. 21. — Carte de la région de Khomein.

Bull. Soc. franç. Minér. Crist., 1963.

Le Centre 1 : Il s'agit d'une zone filonienne orientée Nord 140 g où la galène associée à la calcite se présente en grandes lentilles liées à des masses importantes de limonite, l'aragonite fibro-radiée de couleur verdâtre forme parfois de nombreux nodules ;

Le Centre 2 : Située à l'extrémité Sud-Est de la colline, se compose d'une carrière et de travaux souterrains. Il s'agit d'une zone silicifiée importante, au-dessous de laquelle ont été découverts des calcaires bleus et un petit lit marneux. Un banc de calcaire est minéralisé en galène, blende, la pyrite et la chalcopryrite sont rares.

Mine de Dareh-Nogheh.

Elle est située à 52 km au Sud-Ouest de Khomein sur le flanc Nord d'un massif montagneux, le Kuh-e-Alvend.

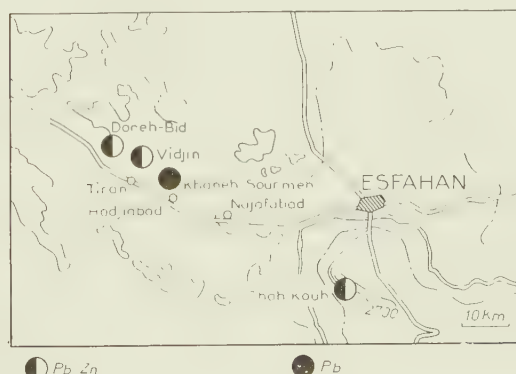
La minéralisation est localisée au contact des calcaires et d'une roche assimilable à un schiste à amphiboles de couleur verte caractéristique. En surface, les anciens ont défilé des amas de galène transformée en cérusite. Dans les travaux actuels la galène domine associée rarement à des mouches de chalcopryrite.

CHAPITRE 10

LES MINÉRALISATIONS POMBO-ZINCIFÈRES DE LA RÉGION D'ESFAHAN

La mine de Dareh-Bid.

Elle est située à 7 km au Nord-Ouest de la petite ville de Tiran, à la base d'une colline for-



● Pb-Zn

● Pb

FIG. 22. — Carte des minéralisations de la région d'Esfahan.

mée de bancs calcaires épais de 5 à 10 m alternant avec des lits schisteux d'une puissance analogue. La structure géologique de cette zone est la suivante : une faille de direction Nord 110 g Est et de pendage Nord 50 g met en contact une série calcaire au Nord avec une série de calcschistes formant un pli couché recouvrant la minéralisation au Sud. Sur le flanc de la colline, les couches se redressent très brutalement à la verticale et se renversent. Cette structure en éventail s'agrandissant vers l'Est. La minéralisation qui a fait l'objet de travaux anciens est de deux sortes : une zone oxydée affectant le banc calcaire, et une zone sulfurée localisée dans un banc schisteux au toit du calcaire. La zone oxydée est surtout zincifère, l'hémimorphite et l'hydrozincite plus rares formant des lentilles et des filonnets de substitution dans le calcaire. L'allongement de cette zone atteint une trentaine de mètres. La minéralisation sulfurée est riche en blende massive de couleur brun sombre et d'un peu de galène qui remplace de petits lits de calcaires intercalés dans les schistes. A l'extrémité Est de la carrière une descenderie a reconnu la même minéralisation.

A l'Ouest, une petite recherche, située à deux cents mètres de la première, n'a rencontré qu'un peu d'hémimorphite remplissant une fracture située entre des schistes et des calcaires.

La mine de Vidjin.

Elle est localisée dans une colline calcaire correspondant à un anticlinal de faible rayon de courbure. Les travaux comprennent trois niveaux.

En surface, au sommet de la colline, des travaux anciens, nombreux et dispersés, ont exploité de petites lentilles de cérusite. On y retrouve un peu de malachite et de rares mouches de cérusite. Une trentaine de mètres plus bas, un travers-banc de cent mètres a rejoint l'aval des travaux de surface. A l'entrée, on remarque un phénomène de sidéritisation dans les calcaires. La galène y est très dispersée. L'hémimorphite forme des masses blanches brillantes mais sans cristaux visibles. A l'extrémité de ce travers-banc de direction Nord, situé dans les calcaires du sommet aplati de l'anticlinal, une recoupe à l'Est donne accès à une zone minéralisée en forme de lentilles aplaties, affectant des décollements de couches calcaires. La galène et la blende massives sont peu abondantes. Un travers-banc situé au pied de la colline n'a rencontré aucune minéralisation.

Mine de Khaneh-Sourmeh.

Elle se trouve à une cinquantaine de kilomètres à l'Ouest d'Esfahan et à 7 km au Nord-Ouest du village de Hadjiabad, à la base d'une colline d'orientation Est-Ouest.

Cette colline est composée de bancs calcaires alternant avec des lits marneux. La minéralisation est localisée dans le banc calcaire situé au mur du lit marneux le plus important. La mise en place s'est faite sous l'action d'une tectonique très importante, représentée par une faille de direction Nord 80 g à Nord 20 g que l'on peut observer sur 300 m à partir de la base de la colline. Cette faille est entourée de multiples petites fractures le long desquelles le minerai est localisé. Les travaux actuels en carrières reprennent d'anciennes recherches en galeries. En voie d'épuisement, ce gîte n'a fourni que peu d'espèces minérales. Nous y avons noté : de la galène finement cristallisée et de rares mouches de chalcopryrite. Les anciens avaient dépilé des boules de cérusite associées probablement à de l'hémimorphite.

Mine de Chah Kouh.

Cette exploitation de zinc (sans doute la plus importante d'Iran), se trouve à une vingtaine de kilomètres au Sud d'Esfahan.

Le gisement est situé à la base d'une colline calcaire orientée Nord-Ouest, Sud-Est. Celle-ci est constituée du haut en bas par des calcaires gris jaunâtre épais d'une cinquantaine de mètres, des calcaires dolomitisés, et une série de calcaires gris-bleu emballant des lambeaux schisteux. Cet ensemble formant une falaise abrupte à l'avant de laquelle on observe une colline de calcaires bruns, épaisse d'une trentaine de mètres. Au pied de celle-ci, entre les calcaires et des marnes colorées écrasées, se localise la minéralisation. De forme lenticulaire, elle correspond probablement à un emplacement dans les calcaires. L'exploitation surtout en carrière comprend aussi quelques travaux souterrains desservis par un puits de 30 m.

Les carrières : c'est la partie la plus intéressante. L'une de celles-ci, située au Nord-Ouest de l'exploitation, est importante. Elle est accessible par un travers-banc. Elle est profonde d'une trentaine de mètres. Sur le flanc Nord-Ouest de la cavité, les travaux ont mis à jour un vaste géode atteignant environ 40 m de longueur sur 6 de largeur. La hauteur, variable, est

comprise entre 1,50 m et 0,20 m. Elle est entièrement constituée d'hydrozincite cristallisée, qui apparaît sous forme de cristaux aciculaires blancs, dépassant rarement 4 à 5 mm. La partie inférieure de cette cavité, très limonitisée, est localement riche en aiguilles de plattnérite PbO_2 d'un noir brillant, disposées sur l'hydrozincite. Ce phénomène extraordinaire par son ampleur est dû à la rareté des précipitations atmosphériques et au recouvrement important. Près de l'ouverture de la géode, un accident cuprifère peu important de chalcosine a provoqué des efflorescences extraordinaires d'aurichalcite $2(\text{Zn}, \text{Cu})\text{CO}_3 \cdot 3(\text{Zn}, \text{Cu})(\text{OH})_2$ dont les fibres vertes atteignent plusieurs centimètres. Dans la limonite voisine, la rosasite $(\text{Cu}, \text{Zn})\text{CO}_3 \cdot (\text{Cu}, \text{Zn})(\text{OH})_2$ forme de petits nodules vert foncé dont le diamètre atteint 2 à 4 mm.

Les travaux souterrains peu profonds rencontrent un peu partout des géodes d'hydrozincite mais l'importance de celles-ci ne dépasse guère quelques décimètres cubes. Dans le travers-banc situé à la base du puits de 30 m on remarque au toit de la galerie de nombreux cristaux de cérusite maclée en étoile, certains de ces cristaux étant enchâssés dans l'hydrozincite massive souvent mamelonnée. Au-delà de cette zone, des amas calaminaires importants ont été rencontrés, les cristaux d'hémimorphite sont petits, mal formés, cependant certains d'entre eux présentent la double terminaison. La plattnérite forme dans ces masses de petites touffes de cristaux aciculaires. Localement on observe de l'aragonite coralloïde, et de la smithsonite rubanée. Sur les halles, nous avons déterminé de la pyromorphite en rares cristaux jaunes hexagonaux inclus dans la limonite.

CHAPITRE II

LES MINÉRALISATIONS DE LA ZONE KACHAN-ARDESTAN

Mines de Gardaneh Chir et d'Hossein Abad.

Elles se trouvent à une cinquantaine de kilomètres au Nord de la route Esfahan Nain, vers 2 250 m d'altitude, toutes les deux sont localisées dans des calcaires roux surmontant une série schisto-conglomératique. Les travaux consistent en carrières, les roches sont faiblement minéralisées en galène et en cérusite, on observe localement un peu de barytine.

Mine de Tchangarze.

Elle est située à 12 km à l'Ouest du village de Fassaroud. L'exploitation affecte les deux flancs d'une vallée encaissée.

Il s'agit d'une série sédimentaire où alternent les schistes et les calcaires. La minéralisation est en relation avec des zones fracturées et broyées.



FIG. 23. — Carte des minéralisations de la zone Kachan-Ardestan.

Le centre Est : les travaux comprennent des tranchées à ciel ouvert qui ont reconnu une formation située dans les calcaires, le long d'une faille Nord 175 g Est de pendage 60 g Nord-Est. La galène est abondante en cristaux cubiques d'assez grande dimension (5 à 7 cm) mais mal formés. Les faces sont ternes, souvent recouvertes de très minces cristaux de wulfénite jaune pâle. On remarque dans les cassures de la calcite, de fines aiguilles de malachite, l'azurite

plus rare est bien cristallisée. Les travaux souterrains accessibles par travers-banc n'offrent que peu d'intérêt minéralogique.

Le centre Ouest : il est exploité par de nombreux travers-bancs et comprend de la galène parfois cristallisée, associée à de la barytine blanche souvent crêtée, la cérosite, rare, existe sous forme massive.

Recherche de Khomseh.

Ces travaux peu importants se trouvent à environ 10 km au Sud-Est du village de Fassaroud. Ce sont des grattages dispersés sur le pourtour d'une colline calcaire de 800 m de longueur. La minéralisation est localisée dans de petites fractures et remplace parfois des bancs de calcaire. Il s'agit surtout de barytine et de fluorine violette ou verte. De la chalcoppyrite et du cuivre gris souvent associés à l'azurite et à la malachite. La galène forme de petite amas. En section polie, on observe de rares restes de chalcosine, la chalcoppyrite apparaissant en fragments résiduels dans les produits secondaires.

Mine de Khemsar.

Cette très ancienne exploitation est localisée à 8 km à vol d'oiseau au Nord, Nord-Ouest du village de Khemsar, lui-même se trouvant à 25 km au Sud de Kachan. Il s'agit d'amas lenticulaires d'oligiste disséminés dans des calcaires marmorisés intercalés de bancs de calcaires métamorphisés. Les filons orientés Nord-Nord-Ouest sont étendus et leur puissance peut atteindre 2 m. L'un d'entre eux montre une minéralisation cobaltifère qui apparaît sous forme de bieberite $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, accessoirement on observe de la chalcantite, de la malachite, de l'azurite liées à de la chalcoppyrite. L'asbolane de ce gisement était exploitée au XVII^e siècle par les émailleurs d'Esfahan. Nous n'avons pas retrouvé l'érythrite signalée par G. Ladame.

La variété des minéralisations y est extraordinaire ; depuis 1936 on y a reconnu le cobalt, le nickel, le molybdène plus récemment, l'uranium, le vanadium, le tungstène. Mais le plomb, le cuivre, l'or, le fer, etc., y sont exploités depuis longtemps. Les gîtes sont répartis dans une zone de 10 000 km² environ. Cette région montagneuse comprend trois chaînes principales orien-



FIG. 24. — Carte des minéralisations de la région d'Anarak.

tées Nord-Ouest, Sud-Est séparées par de larges dépressions synclinales. On y observe une série métamorphique ancienne comprenant des mica-schistes, des calcschistes, des calcaires dolomitiques et des calcaires cristallins ; un conglomérat à éléments de calcaires et de quartz ; une série gypso-salifère reposant sur un conglomérat à éléments détritiques et andésitiques surmonté de grès colorés et de marnes. Les roches éruptives sont composées de gabbros, de serpentines, de diorite, d'andésite et par des roches acides : granites et syénites (Tshah-Sefid, Kalikafi, Tshah-Palang, Siah-Kouh, Ghassem-Vazir).

CHAPITRE 12

LES MINÉRALISATIONS COMPLEXES DE LA RÉGION D'ANARAK

Cette région est située à une centaine de kilomètres au Nord de la ville de Naïn, en bordure du Dasht-e-Kevir, dans une zone désertique facilement accessible.

La mine de Talmessi.

C'est actuellement du point de vue minéralogique la mine la plus intéressante d'Iran. Elle se trouve à 35 km à l'Ouest du village d'Anarak, presque à l'extrémité de la chaîne principale du massif.

Cette partie de la région d'Anarak est caractérisée par la présence d'un synclinal important de direction Nord-Ouest.

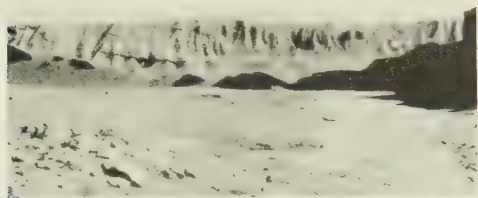


FIG. 25. — Synclinal de Talmessi-Meskani.

Celui-ci est bordé par deux chaînes de montagnes orientées Nord-Ouest, Sud-Est, qui correspondent aux affleurements des couches profondes du synclinal.

C'est dans ces affleurements que se trouve la labradorite à olivine qui recèle les minéralisations de Talmessi, au Nord, et de Meskani, au Sud.

La mine de Talmessi comporte de nombreux niveaux d'exploitation (6-18-30-42-55-75 et 93 m). Le niveau 6 est accessible par un travers-banc, un puits donnant accès aux niveaux 18 et 30. Au Sud de l'exploitation, un travers banc important met en liaison le jour avec le niveau 55 et constitue une voie d'écoulement pour les eaux. Au-dessous de cette côte, les travaux sont abandonnés, la mine étant noyée. Les niveaux inférieurs étaient accessibles par un bure foncé à partir du niveau — 30.

La reconnaissance des zones minéralisées a été effectuée par un réseau de galeries d'orientation générale Nord-Sud et Est-Ouest. Des dépilages capricieux s'alignent les uns à la suite des autres suivant l'orientation de la labradorite, cette dernière très redressée est caractérisée par une abondante fracturation.

Ce gisement a été exploité pour le cuivre, le cobalt et le nickel. Les espèces minérales y sont variées : 51 à ce jour.

La connaissance des constituants hypogènes des minerais de Talmessi n'est que fragmentaire, et ceci pour deux causes :

— au niveau le plus profond (N. 55) accessible actuellement les produits secondaires sont encore

très abondants. De ce fait, les parts relatives, dans les minerais étudiés, des constituants hypogènes et des constituants de cémentation sont très difficiles à démêler. Nous rappellerons que si les arséniures de cuivre ont été décrits le plus souvent comme constituants hypogènes, ils n'en ont pas moins été observés dans certains cas, dans des gisements d'origines discutables et où les interventions de phénomènes supergènes peuvent être envisagées. Notamment les gisements cuprifères « de cuvettes arides » (1).

— Les sections polies que nous avons eu l'occasion d'examiner portaient surtout sur des prélèvements effectués dans les zones actives, parfois avec pechblende exprimée.

Ces réserves faites, on peut dire que deux catégories principales de minerais peuvent être distinguées :

I) Minerais à arséniures de cuivre dominant.

Dans les échantillons massifs, les arséniures sont souvent associés à la chalcosine de type blanc ou bleu dont l'attaque à NO_3H , montre qu'il s'agit de chalcosine orthorhombique qui dépose à une température inférieure à 91° .

Les arséniures de cuivre correspondent aux espèces minérales suivantes :

Algodonite Cu_{6-7}As , α domeykite Cu_3As , β domeykite Cu_3As .

Dans les échantillons riches en pechblende, les faits observés sont les suivants :

On constate immédiatement l'abondance de cristaux de quartz automorphes de $1/25^{\text{e}}$ de millimètre. Le quartz peut constituer par ailleurs des filonnets recoupant la labradorite altérée minéralisée en arséniures de cuivre et en chalcosine. Le quartz est probablement un produit d'apport. Dans les filonnets quartzeux ci-dessus mentionnés, les arséniures de cuivre sont englobés dans le quartz près de l'éponte, alors que la chalcosine occupe l'axe où elle moule les cristaux de quartz. La pechblende, quand elle existe, est typiquement concrétionnée en sphérolites parfois jointifs de $1/10$ à $1/50$ de millimètre de diamètre, la chalcosine la moule et en comble les fissures.

Il s'agit d'un type de minéralisation vraisemblablement hypogène de basse température.

La chalcosine apparaît souvent dans la gangue carbonatée en cristaux pseudo-hexagonaux maclés suivant (110) de quelques millimètres à un centimètre ; le cuivre natif existe souvent dans les fissures des arséniures et en masses de

(1) Cf. RAMHDOR, *Die Erzminerale und ihre Verwachsungen* AR Verlag, Berlin, 1955.

plusieurs centaines de kilogrammes, si bien qu'une interprétation génétique certaine est difficile. Les dendrites de cuivre natif, très abondantes et très petites, présentent souvent des cristaux assez nets, parfois plus ou moins transformés en cuprite.

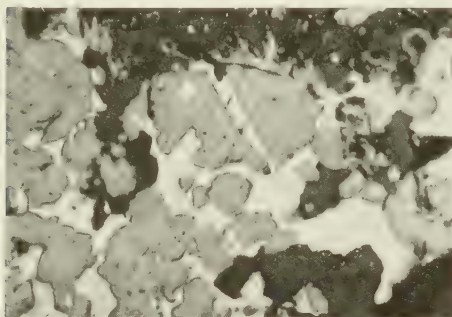


Fig. 26. — Sphérolites de pechblende avec chalcocite, L. N. $\times 400$, Talmessi.

II) Minerais à arséniures de nickel-cobalt dominant.

Les échantillons proviennent du niveau 30.

Cette association, très répandue, est pauvre en pechblende. Macroscopiquement, le minerai se présente sous forme d'arséniures massif à nickeline dominante, bordée de rammelsbergite et de safflorite dans une gangue peu développée de quartz hématisé avec quelques plages de calcite. Au microscope, on observe outre les constituants précédents, de la chalcopyrite et de la chalcosine. Dans ce type de minerai, les arséniures de cuivre sont absents, la chalcosine est généralement centrée dans les arséniures de nickel-cobalt. La pechblende est très rare, parfois en petits sphérolites de 2/100 de millimètre groupés en fines structures cellulaires localisées préférentiellement dans la nickélite, près de son contact avec le quartz.

Il ne s'agit pas, vraisemblablement, de deux phases distinctes de minéralisation, mais de l'intervention de mouvements tectoniques contemporains du dépôt.

D'autres espèces ont été rencontrées :

La cuprite, très abondante dans les masses quartzieuses où elle est accompagnée d'arséniates. Elles apparaît en petits octaèdres rouge vif parsemant les nombreux cristaux de quartz enfumés remplissant les géodes. Elle est souvent accompagnée de chalcotrichite réticulée. L'hétérogénite $\text{CoO} \cdot 2\text{Co}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, en masses globu-

lares noires très brillantes accompagne parfois ces oxydes de cuivre. La pyrite, la marcassite, la galène, la blende, la bornite, la covellite, la chalcopyrite en très petits éléments sont en association plus ou moins intime avec les minéraux primaires.

Les espèces minérales secondaires.

Les arséniates de cuivre, de nickel, de cobalt, d'uranium, de calcium et de magnésium prennent dans ce gisement un développement exceptionnel. Ils sont : soit associés aux minéraux primaires, soit individualisés dans les multiples fractures de la labradorite. Nous décrivons pour chaque espèce les associations les plus fréquentes.

Les minéraux secondaires de cuivre.

Les arséniates de cuivre sont au nombre de cinq : la lavendulanite, la conichalcite, la tyrolite, la lindackérite et la mixite. Grâce à leur couleur, ils sont généralement confondus avec des carbonates comme la malachite et l'azurite très rares dans cette mine exceptionnelle.

La lavendulanite $\text{Na}(\text{Cu}, \text{Ca})_6(\text{AsO}_4)_4\text{Cl}_{4-5}\text{H}_2\text{O}$ cette très rare espèce minérale est à Talmessi d'une grande abondance. Généralement localisée dans les fractures de la roche encaissante, elle apparaît plus rarement, il est vrai, en contact avec la nickeline et les arséniures de cuivre. Elle se présente sous forme d'enduits bleu pâle qui apparaissent à la loupe comme constitués de petits globules fibro-radiés de 0,01 à 1 mm de diamètre. La poussière est bleu clair, presque incolore. Le minéral présente un très bon clivage et sa dureté est faible : 2,5. Les cristaux de ce minéral sont rares. Nous avons cependant observé certains d'entre eux dans des cavités de carbonates : ce sont des empilements de petites plaquettes bleues très brillantes ayant 1 mm de longueur. La lavendulanite est très souvent associée à la conichalcite, la métazeunerite, l'uranospinité, la lindackérite, l'érythrite.

La conichalcite $\text{CuCa}(\text{AsO}_4)(\text{OH})$. Ce minéral rare se trouve en abondance à Talmessi. Il apparaît en globules vert pomme généralement transparents et très brillants, liés à presque toutes les autres espèces minérales du gisement.

La tyrolite $\text{Cu}_9\text{Ca}_2(\text{AsO}_4)(\text{OH})_{10} \cdot 9-10\text{H}_2\text{O}$. Beaucoup moins abondante que les deux précédents arséniates, cette espèce se présente en petits agglomérats vert émeraude à clivage très net. Très fragile d'allure micacée, elle est asso-

ciée à la lavendulanite, à l'annabergite et à la connellite.

La lindackérite $\text{H}_2(\text{Cu}, \text{Co}, \text{Ni})_5(\text{AsO}_4)_4 \cdot 8-9\text{H}_2\text{O}$

Ce minéral forme des agrégats mamelonnés, fibreux, d'aspect satiné, de couleur variable allant du blanc légèrement verdâtre au bleu pâle. La poussière est incolore. La proportion de nickel et de cobalt est habituellement variable dans cette espèce. Ces deux éléments sont absents dans la lindackérite de Talmessi. Celle-ci peut donc se rattacher à la variété fibreuse décrite par C. Guillemin dans le gîte de Joachimsthal en 1955 ayant la formule suivante :



Talmessi et la mine Elias à Joachimsthal Bohême sont les seuls gisements de ce minéral toujours associé à la lavendulanite.

La mixite $\text{BiCu}_{10}[(\text{OH})_8 | (\text{AsO}_4)_5] \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Cette très rare espèce (seul minéral bismuthifère connu à Talmessi jusqu'à ce jour) se présente en petites aiguilles hexagonales vert pâle ne dépassant guère 2 à 3 mm de longueur. Elles sont associées à la talmessite et à la cabrerite.

La malachite et l'azurite : ces deux carbonates sont rares à Talmessi et se distinguent immédiatement des arsénates par leur effervescence aux acides. Ils apparaissent souvent dans les zones riches en cuivre natif ; la malachite est souvent mamelonnée, quelquefois en aiguilles, les cristaux d'azurite d'un bleu sombre sont de petite taille.

La connellite $\text{CuSO}_4 \cdot 2\text{CuCl}_2 \cdot 19\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ Ce sulfate de cuivre, rare, a été rencontré en association avec la chalcosine et la tyrolite. Il se présente sous forme d'aiguilles d'un bleu intense de 1 à 3 mm de longueur.

L'atacamite : $\text{CuCl}_2 \cdot 3\text{Cu}(\text{OH})_2$

Ce chlorure si fréquent dans cette région, comme nous le verrons par la suite, semble rare à Talmessi où il apparaît en masses vert sombre sans cristaux visibles associés à la lavendulanite et à l'annabergite dans la calcite.

Les minéraux secondaires de nickel.

Ils sont peu variés, représentés par des arsénates, un silicate et un carbonate rare : la zaratite.

L'annabergite : $\text{Ni}_3(\text{As}_2\text{O}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$

Elle est très abondante et se présente sous deux aspects : dans les cassures elle forme des cristaux vert pâle bien formés et de grande dimension (5 à 8 mm). Par contre, au voisinage de la

nickelite : elle constitue des masses pulvérulentes verdâtres de quelques centimètres cubes.

La cabrerite : $(\text{Ni}, \text{Mg})_3(\text{As}_2\text{O}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$

Très semblable à l'annabergite tant pour l'aspect que pour les associations, seule la présence de magnésium permet de distinguer ces deux minéraux.

La garnièrite : $\text{H}_2(\text{Ni}, \text{Mg})\text{SiO}_4 \times \text{H}_2\text{O}$

Elle est rare généralement en masses écailleuses vert jaune.

La zaratite $\text{Ni}_3[(\text{OH})_4 | \text{CO}_3] \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ d'aspect vitreux très transparente et d'une belle couleur vert émeraude elle ressemble beaucoup à la conichalcite. Elle est souvent isolée dans la labradorite ou associée à l'annabergite dans les fissures de la nickelite.

Les minéraux secondaires de cobalt.

Ils sont peu abondants, et localisés dans les zones essentiellement cobaltifères.

L'érythrite : $\text{Co}_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$

Elle est toujours en fins cristaux prismatiques striés verticalement, d'une belle couleur violette, localisés dans un wad cobaltifère, sa teneur en cobalt est variable, quand elle prend une teinte rose pâle à brun, nous sommes en présence de termes intermédiaires où le nickel, le fer et le calcium remplacent le cobalt.

La β rosélite : $\text{Ca}_2(\text{Co}, \text{Mg})\text{H}_2(\text{AsO}_4)_2(\text{OH})_2$

Quelques rares cristaux de ce minéral ont été rencontrés dans des géodes de calcite aux épontes d'un filonnet de wad cobaltifère riche en érythrite et en sphérocobaltite CoCO_3 en petites masses globulaires roses.

Les minéraux secondaires d'uranium.

Très abondants dans les zones radiocatées, ils sont postérieurs aux arsénates de nickel et antérieurs aux arsénates de cuivre. Ils consistent surtout en arsénates ; les phosphates (autunite et chalcolite) étant très rares.

L'autunite : $\text{Ca}[(\text{UO}_2) | (\text{PO}_4)]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$

La présence de ce phosphate, le seul du gisement de Talmessi, s'explique peut-être par la présence de fins cristaux d'apatite inclus dans la labradorite. Il est très rare, sa fluorescence aux rayons ultraviolets est identique à celle de l'uranospinitite. Seule la caractérisation du phosphore ou de l'arsenic permet de distinguer ces deux espèces.

L'uranospinitite : $\text{Ca}[(\text{UO}_2) | (\text{AsO}_4)]_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$

On connaît peu de gisements de ce rare minéral. Cependant, il est très abondant à Talmessi où il

représente le minéral secondaire d'uranium le plus important. Il forme des tablettes quadratiques, souvent associées à la méta-zeunerite, à la lavendulanite et à l'annabergite. De couleur jaune serin, il est fluorescent dans l'ultraviolet en jaune verdâtre. Le clivage suivant (001) est net. Les cristaux sont remarquables par leur taille (de 10 à 20 mm de longueur).

La méta-zeunerite : $\text{Cu}[(\text{UO}_2) | (\text{AsO}_4)]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
Elle est assez abondante dans les zones radioactives, associée à l'uranospinite avec laquelle elle forme des associations orientées, dans les fractures de la labradorite. Elle apparaît aussi en cristaux tabulaires à clivage net suivant (001), sur la chalcosine. Un spécimen exceptionnel est constitué de grands cristaux tabulaires de couleur vert émeraude de 5 à 8 mm de longueur, dont les faces sont recouvertes de globules bleus de lavendulanite.

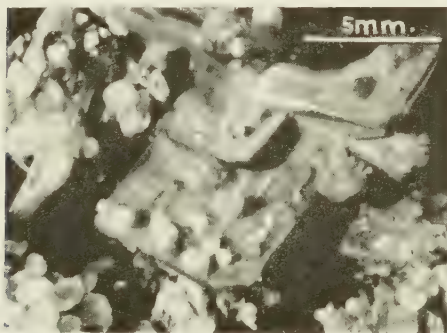


FIG. 27. — Méta-zeunerite et lavendulanite, Talmessi.

Certains échantillons montrent à l'étude microchimique une proportion sensible de phosphore qui se substitue à l'arsenic : on serait alors en présence d'une chalcopite arsénifère analogue à celle décrite par J. Chervet dans le gisement d'uranium du Limouzat, en Saint-Prieix-la-Prugne (Loire) (1).

L'arséniate d'uranium et de magnésium.
Ce minéral dont la faible quantité recueillie n'a pas permis d'effectuer une analyse chimique quantitative se présente sous forme de groupements aciculaires dans les cavités de la nickélite, dans des zones à radioactivité notable.

Facilement soluble à froid dans les acides dilués, sa rareté s'explique par une mise en solution aisée dans les eaux naturelles réalisant ces conditions.

(1) J. CHERVET, Les minéraux secondaires d'uranium.

Propriétés cristallographiques :

Les cristaux qui ne dépassent pas 1 mm de longueur sont d'une couleur jaune paille, ils se présentent en petites plaquettes aplaties suivant (001), leur éclat est vitreux, ils sont transparents.

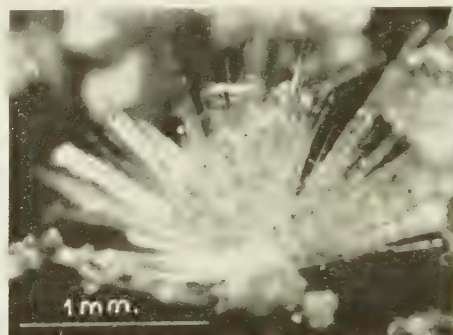


FIG. 28. — Arséniate d'uranium et de magnésium, Talmessi.

L'étude aux rayons X par la méthode du cristal tournant et de Weissenberg met en évidence la symétrie monoclinique, les paramètres de cette maille sont :

$$\begin{aligned} a &= 6,6 \text{ \AA} \pm 0,05 \\ b &= 7 \text{ \AA} \pm 0,05 \\ c &= 9,25 \text{ \AA} \pm 0,05 \quad \beta = 101^\circ 20' \end{aligned}$$

Ils ne présentent pas de fluorescence aux rayons ultraviolets.

Propriétés optiques :

Les cristaux sont de petites plaquettes aplaties suivant (001), présentant un allongement négatif et une extinction oblique.

Angle d'extinction : 6°

$$N_g = 1,715 \pm 0,002 \text{ jaune}$$

$$N_p = 1,739 \pm 0,002 \text{ jaune}$$

Biaxe négatif à dispersion nette.

$$2V = 56^\circ \pm 1^\circ$$

Propriétés chimiques :

Les analyses microchimiques et spectrographiques effectuées sur des cristaux soigneusement triés à la loupe binoculaire révèlent la présence d'arsenic, d'uranium et de magnésium.

Diagramme de Debye-Scherrer.

d hkl calculé	hkl	d hkl mesuré	INTENSITÉ
9,07	001	9,05	10
6,47	100	6,48	3
5,83-5,55	10 $\bar{1}$ -011	5,72 large	3
4,84	101	4,85	5
4,47	11 $\bar{1}$	4,44	8
3,98	111	3,99	5
3,53	11 $\bar{2}$	3,52	6
3,5	002	3,48	3
3,27	210	3,30	3
3,02	121	3,03	6
2,85	12 $\bar{1}$	2,86	5
2,77	130	2,77	3
2,55	103	2,55	3
2,45	122	2,47	3
2,37-2,38	220-22 $\bar{1}$	2,38	3
2,20-2,22	221-130	2,22	3
2,10	320	2,11	3
1,93	132	1,92	8
1,85	033	1,88	3
1,75	223	1,76	3

La talmessite : $\text{Ca}_2(\text{Mg}, \text{Ba}, \text{Ni})\text{H}_2(\text{AsO}_4)_2(\text{OH})_2$
 triclinique $a = 5,89 \text{ \AA}$ $\alpha = 112^\circ 38'$
 $b = 7,69 \text{ \AA}$ $\beta = 70^\circ 49'$
 $c = 5,56 \text{ \AA}$ $\gamma = 119^\circ 25'$
 $V = 199,1 \text{ \AA}^3$
 groupe de symétrie P_1 .

Cette nouvelle espèce minérale décrite en 1960 a déjà fait l'objet d'une étude détaillée dans le *Bulletin de la Société Française de Minéralogie*, nous n'insisterons que sur l'aspect du minéral, et sur les nouvelles observations effectuées.

Ce minéral assez répandu dans le gisement se présente en petits cristaux dont la couleur varie de l'incolore au vert pâle, dans ce dernier cas la teneur en nickel est plus importante. Les cristaux ne dépassent pas le 1/4 de millimètre.

La talmessite présente toujours une fluorescence jaune citron dans l'ultraviolet. Nous avons observé qu'un minéral provenant de Bou-Azzer Maroc, et que l'on peut rattacher à la talmessite par l'étude microchimique et cristallographique qui en a été faite, ne présente pas de fluorescence.

La talmessite est associée le plus souvent à la conichalcite, plus rarement à la lavendulanite. En 1962 nous l'avons découverte en place dans les travaux de surface du gisement, où elle accompagnait la chalcosine dans une gangue carbonatée.

Les propriétés optiques de ce minéral ont pu être précisées.

$$N_p = 1,672 \pm 0,02$$

$$N_g = 1,698 \pm 0,02$$

$$N_m = 1,686 \pm 0,02$$

2 V assez ouvert. Biaxe négatif.

La possibilité de rechercher ce minéral dans le gisement, à l'aide de la lumière ultraviolette permettra d'en recueillir de grandes quantités, ce qui permettra d'établir avec précision sa composition chimique.

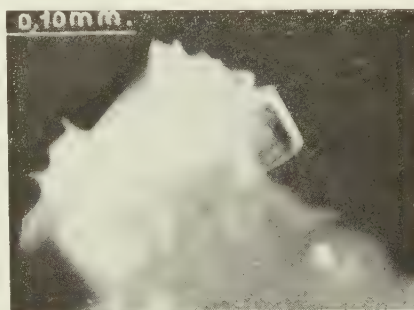


FIG. 29. — Cristaux de Talmessite. Talmessi.

Les minéraux des gangues.

Ils sont peu abondants comprenant surtout l'aragonite, la barytine, la calcite, la dolomie, le gypse, le quartz, la calcédoine.

L'aragonite : elle est assez répandue en fins cristaux bien formés, souvent groupés dans de petites géodes, associés à la talmessite et divers arsénates. Certains cristaux sont maclés suivant (110), la macle n'est pas répétée, ce minéral forme aussi des sphérolites vert pâle.

La barytine : elle est en petits filonnets parfois géodiques où elle apparaît crétée parfois recouverte de fines aiguilles brunes de goethite.

La calcite : très abondante, soit en scale-noëdres, plus rarement en rhomboëdres. Dans les zones radioactives, elle prend une couleur brune caractéristique.

La dolomie : les petits rhomboëdres de quelques millimètres de côté accompagnent les autres carbonates et les arsénates.

Le gypse : il est répandu en très petits cristaux fibreux accompagnant les autres minéraux.

Le quartz : il se présente en petits cristaux souvent enfumés ne dépassant guère quelques millimètres de longueur, souvent associés à la calcédoine sphérolitique.

On retrouve à Meskani une minéralisation semblable, cependant les minéraux secondaires sont moins abondants.

Les environs immédiats de ces deux gîtes sont riches en petites minéralisations cuprifères et nickélifères (Tchehmeh-Karim, Newal, Gowde-Morad, Tchah-Choureh).

Recherche de Tchah-Choureh.

Cette recherche pour le cuivre, le nickel, le cobalt, correspond à l'indice décrit par Ladame sous le nom de Tchehmeh-ab-e-Chor. Elle se trouve à une quarantaine de kilomètres au Nord d'Anarak, à gauche de la route conduisant à



FIG. 30. — Carte détaillée de la région d'Anarak.

Mine de Tchah-Sefid.

Elle se trouve à une trentaine de kilomètres au Nord de Talmessi, sur la piste conduisant à Boulazoum. Ce gisement actuellement abandonné était exploité pour l'hématite employée comme fondant des minerais de cuivre de la région. La minéralisation peu importante est localisée dans un quartzite en contact avec des calcaires cristallins. Localement, on peut observer des filonets de chalcosine qui sont souvent imprégnés de minces et brillantes plaquettes de lavendulanite associée à de rares globules de conichalcite. Les épontes de ces filons étant riches en calcite et en gypse.

Nakhlak. Les travaux consistent en de nombreux travers-bancs affectant le flanc Nord de la chaîne centrale Est-Ouest. La roche encaissante est composée de chloritoschistes et de serpentines broyées. Les haldes, peu importantes, ont permis de découvrir un certain nombre d'espèces minérales analogues à celles de Talmessi. La nickélite, la smaltine, la cobaltine sont liées à l'annabergite. Le cuivre natif est rare.

Les minéraux secondaires sont représentés par de grosses masses d'annabergite pouvant atteindre plusieurs kilogrammes. Ce minéral présente cependant de beaux cristaux dans les fissures des carbonates. Un seul spécimen de lavendulanite a été découvert, associé à de rares cris-

taux d'érythrite. L'abandon et la faible ampleur de ces travaux expliquent ce nombre peu élevé d'espèces minérales.

Mine de Sebarz.

Cette ancienne exploitation est située à une quarantaine de kilomètres au Nord-Ouest d'Anarak, à environ 1 500 m d'altitude. Elle est abandonnée depuis longtemps. La minéralisation est disséminée dans une vingtaine de fissures parallèles, réparties dans une brèche de serpentine attribué au crétacé (Ladame). Le minerai à gangue de quartz se compose de pyrite, de galène, de blende, plus rarement de chalcosine et de chalcoppyrite. Les minéraux supergènes sont variés mais peu abondants. La cérusite massive est souvent recouverte de massicot, d'atacamite, plus rarement de diaboileite en cristaux peu nets. Un certain nombre de filonnets sont particulièrement riches en diopside $\text{CuSiO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ bien cristallisée en prismes à section hexagonale pouvant atteindre plusieurs millimètres de longueur. Ces cristaux sont associés au chrysocole, à la willémitte et à un certain nombre de minéraux rares : la fornacite, $\text{CrO}_4\text{Pb} \cdot \text{PbO}$ et un chromate de plomb nouveau : l'iranite.

La fornacite : ce très rare chromo-arséniate de plomb et de cuivre n'est connu que dans quelques gisements du Niari au Congo, à la Tiger Mine dans l'Arizona et en Kirghizie en Asie centrale. A Sebarz, il se présente en très petits cristaux implantés sur la diopside. Leur couleur varie du vert olive foncé au vert olive clair. La poussière est jaune safran.

La découverte de fornacite dans le gisement de Sébarz a conduit à une étude complète de ce minéral, qui a été publiée dans le *Bulletin de la Société Française de minéralogie*. La formule de cette espèce peut s'écrire $(\text{Pb}, \text{Cu})_3 [(\text{Cr}, \text{As})\text{O}_4]_2 (\text{OH})$.

Elle appartient au système monoclinique.

$a = 7,91 \text{ \AA} \pm 0,02$
 $b = 5,91 \text{ \AA} \pm 0,02$
 $c = 17,46 \text{ \AA} \pm 0,02 \quad \beta = 109^\circ 30' \quad V = 769,7 \text{ \AA}^3$
 groupe de symétrie $P 2_1/c$.
 $\text{Pb} \cdot \text{CrO}_4 \text{PbO}$

Ce minéral n'est connu qu'à Beresovsk dans l'Oural. Dans le gisement de Sébarz il se présente en petites masses microcristallines de couleur rouge carmin, associée à la cérusite et à la diopside. Les cristaux ne dépassent guère 1/10^e de millimètre. La poussière est jaune safran. Ce

minéral présente un clivage net, ce qui le distingue de la crocoïte.

Nous avons pu réaliser une étude de cette espèce et de son composé de synthèse. Ce travail a fait l'objet d'une note qui paraîtra incessamment au *Bulletin de la Société Française de Minéralogie et de Cristallographie*.

Propriétés cristallographiques :

Monoclinique

$a = 13 \text{ \AA} \pm 0,02$
 $b = 5,68 \text{ \AA} \pm 0,02$
 $c = 7,12 \text{ \AA} \pm 0,02 \quad \beta = 95^\circ 51'$
 $V = 529,9 \text{ \AA}^3$

groupe de symétrie $P 2_1/n$.

L'iranite : $\text{Pb} \cdot \text{CrO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$

Cette nouvelle espèce minérale est assez abondante, elle constitue en tout cas le chromate de plomb le plus répandu. Toujours bien cristallisée en prismes jaune safran qui présentent des faces très réfléchissantes et très abondantes, ce qui a permis d'en effectuer l'étude goniométrique. Comme la fornacite et $\text{CrO}_4\text{Pb} \cdot \text{PbO}$ elle est associée aux mêmes minéraux.

Système triclinique :

$a = 10,02 \text{ \AA} \pm 0,02 \quad \alpha = 104^\circ 54'$
 $b = 9,54 \text{ \AA} \pm 0,02 \quad \beta = 65^\circ 40'$
 $c = 9,89 \text{ \AA} \pm 0,02 \quad \gamma = 109^\circ 30'$
 $V = 803,74 \text{ \AA}^3$

groupe de symétrie $P\bar{1}$.

Une étude détaillée sur cette espèce paraîtra dans le *Bulletin de la Société Française de Minéralogie et de Cristallographie*.

Mine de Bagherog.

Cette ancienne exploitation de cuivre est située à plus de 1 200 m d'altitude à quelques kilomètres au Nord-Ouest de la mine de plomb de Nakhlak. Les travaux sont difficilement accessibles et nous avons dû nous contenter de l'examen des halles dans lesquelles figurent de nombreux spécimens provenant de Talmessi (lavenulanite, nickélite, etc.) car le minerai de ce gisement était traité en 1935 à Bagherog même.

Le gisement est situé dans une brèche calcaire à blocs de quartzite. La minéralisation remplit des cassures, la gangue est constituée de baryte. L'oxydation puissante du gisement situé dans cette zone d'effondrement du kévir a déterminé l'apparition de minéraux comme la chalcosine,

la cuprite, la malachite, l'azurite. L'examen des des minéraux en section polie montre dans les masses de cuprite de fines inclusions de cuivre natif de 1/50^e de millimètre. Souvent la cuprite est entourée de tenorite CuO qui se présente sous forme de masses noirâtres.

Les cristaux de cuprite sont rares, les octaèdres ne dépassant pas un millimètre. La malachite recouvre souvent la barytine crêtée qui tapisse de nombreuses géodes.

Recherche de fer d'Alam.

A proximité de l'oasis d'Alam, de petits travaux ont montré une faible minéralisation de limonite interstratifiée dans les calcaires.

Mine de Nakhlak.

Cette mine de plomb, l'une des plus riches d'Iran est située à une quarantaine de kilomètres au Nord d'Anarak à la limite Sud du Dasht-e-Kevir. Le gisement s'adosse au flanc Nord d'une colline qui s'intègre dans une petite chaîne montagneuse orientée Nord-Ouest, Sud-Est. L'ensemble comprend série alternée de schistes, de grès conglomératiques et de conglomérats francs. Les travaux au pied de la colline s'étendent du Nord au Sud, sur près d'un kilomètre. Les anciens ont procédé à des dépilages importants, visibles dans la partie supérieure. En profondeur ils ont atteint dans certaines zones le niveau hydrostatique. Les travaux récents comprennent deux centres principaux : le puits Ghale-Bozorg et le puits Cherkate. De la surface un grand travers-banc de direction N 250 g rejoint la base du puits Ghale-Bozorg à — 90 m. Ce travers-banc, ainsi que d'autres, constituent le réseau principal de la mine à partir duquel la reconnaissance et l'exploitation des filons a été faite. Les anciens puits Hossein, Zahedi, Moussa ont une activité réduite. Les étages se répartissent ainsi : 42 et 62 au puits Ghale-Bozorg ; 80, 125 et 137 au puits Sherkate.

La paragenèse est simple, essentiellement constituée de cérusite et de galène qui apparaît massive, en filonnets de quelques décimètres de puissance. Des travaux miniers situés à une profondeur de 137 m, à la limite du puits Cherkate, ont mis à jour à proximité du niveau hydrostatique de nombreuses géodes pouvant atteindre 100 cm sur 40. La cérusite y est abondante en cristaux maclés, suivant (110), recouverts souvent de plattnérite.

Ca et là, de nombreux cristaux de wulfénite aplatis suivant (001) d'une belle couleur rouge atteignent 1 à 2 cm. Ce minéral, très rare à Nakhlak n'a été rencontré qu'au niveau 137 et au niveau 42 où sa couleur tire vers le jaune.

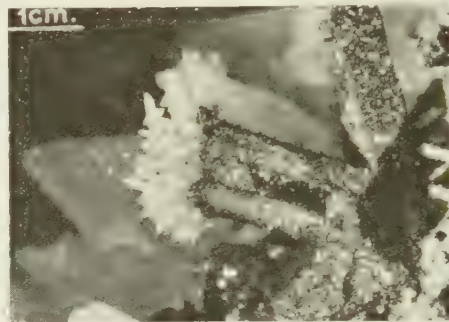


FIG. 31. — Cérusite maclée et plattnérite. Nakhlak.

La plattnérite PbO₂ constitue avec la cérusite le minéral secondaire le plus abondant. Très souvent associés, en particulier aux niveaux 14, 125, 137. La plattnérite forme souvent des cristaux de grande taille (8 mm), mais alors déformés et ternes. Au niveau 125, vers le Sud du puits Sherkate, le travers-banc a rencontré un grand nombre de fractures orientées Est-Ouest très richement minéralisées en plattnérite sur des surfaces de plusieurs mètres carrés.

Mine de Tchah-Millé.

Cette petite recherche pour le plomb est abandonnée depuis 1959. Elle est située à environ 30 km au Nord d'Anarak, à 5 km au Sud de Tchah-Kharbozé.

La minéralisation est localisée dans une faille importante orientée Nord-Sud, mettant en contact des calcaires et des schistes cristallins. Les travaux miniers, alignés sur la faille, sont accessibles par un travers-banc situé à mi-hauteur d'un pic rocheux.

Les minéraux primaires sont peu variés. Outre la galène et la blende, on observe quelques sulfures de cuivre. Parmi ceux-ci la chalcoppyrite est dominante, veinée parfois de bornite, de chalcosine et de cuprite très fine. La gangue est constituée par du quartz, plus rarement par de la barytine, parfois en cristaux jaunes de 2 ou 3 cm, les faces (001), (110), (100), (210), étant bien développées.

Par contre, les minéraux secondaires sont abondants, surtout la plattnérite PbO₂ qui est

répartie tout le long de la grande faille dans un chapelet de géodes, et dans des fractures. Ces géodes de dissolution dans les calcaires, très vastes, représentent un phénomène exceptionnel.

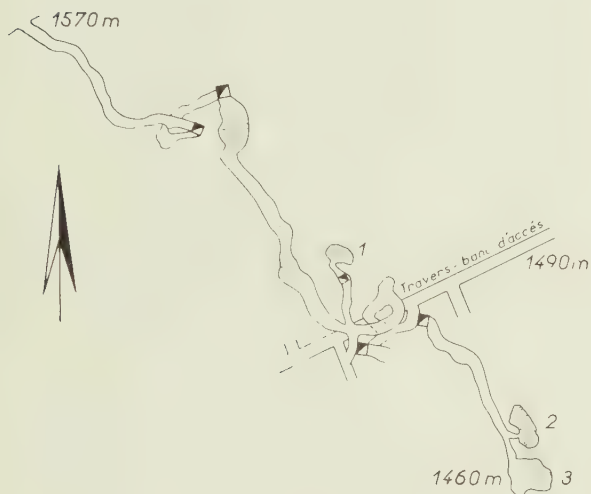


FIG. 32. — Travaux miniers de Tchah-Millé : Situation des géodes à plattnérite.

Géode n° 1 : c'est la plus petite, environ 50 m³. Elle est entièrement recouverte de scalénoèdres maclés de calcite atteignant 10 cm. On y observe aussi des stalactites très fines constituées d'empilements de rhomboèdres de calcite. La plattnérite y est très abondante, localisée surtout sur la paroi Sud qui est largement limonitisée. Dans la partie inférieure de la cavité, on remarque de gros amas de willémite Zn_2SiO_4 qui forme de petits cristaux hexagonaux peu allongés suivant (101), elle est accompagnée de cristaux de wulfénite d'une couleur rouge orangé aplatis suivant (001), quelquefois la pyramide tétragonale apparaît bien développée.



FIG. 33. — Wulfénite et mimétite. Tchah-Millé.

L'hémimorphite $Zn_4Si_2O_7(OH)_2 \cdot H_2O$ est largement répandue en magnifiques cristaux très aplatis suivant (010).

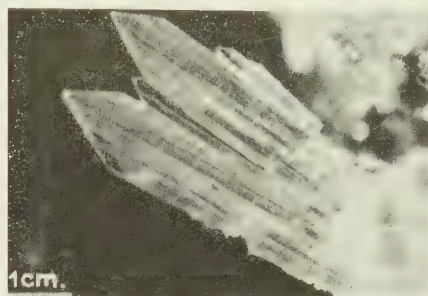


FIG. 34. — Hémimorphite. Tchah-Millé.

La mimétite $(Pb, Cl)Pb_4(AsO_4)_3$ est abondante soit en cristaux hexagonaux rouge orangé, très petits (1 à 2 mm), soit en masses globulaires pouvant atteindre plusieurs centimètres de diamètre.

Géode n° 2 : inclinée à 60°, c'est une grande cassure riche en oxydes de fer accessible par un très étroit boyau. L'aragonite en cristaux aciculaires transparents de grande taille (plus de 10 cm) forme des buissons sur la calcite. La plattnérite en petits cristaux noirs est largement représentée.

Géode n° 3 : située à l'extrémité inférieure des travaux, elle constitue une grande cavité de plusieurs mètres cubes recouverte d'énormes mamelons de calcite à cœur d'hydrozincite, et parsemés de cristaux de plattnérite.

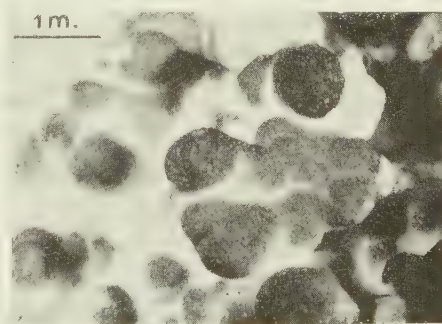


FIG. 35. — Géode n° 3 : Calcite et plattnérite. Tchah-Millé.

Sur les divers échantillons récoltés sur les halles, nous avons pu déterminer un certain nombre d'espèces minérales : la cérusite, la calédonite, la leadhillite.

La cérusite, souvent massive, se présente par-

fois dans les cavités de l'hémimorphite en cristaux maclés sur (110), ces derniers ne dépassent guère quelques millimètres de longueur.

La calédonite $2(\text{Pb}, \text{Cu})\text{O} \cdot \text{SO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Ce très rare minéral d'une belle couleur bleue, a été rencontré en association avec la cérusite, la willémite et la leadhillite. Les cristaux parfaits atteignent 2 cm, ils sont allongés suivant (010), les faces (131) (120) et (140) présentant un bon développement. Il s'agit sans doute des plus beaux échantillons connus de ce minéral.

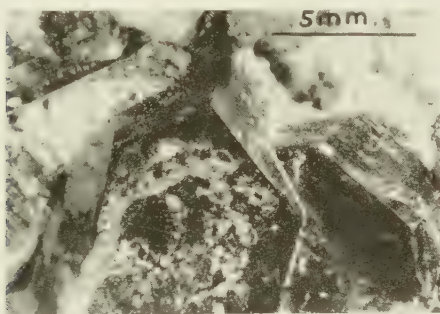


FIG. 36. — Calédonite. Tchah-Millé.

La leadhillite $\text{Pb}_4[(\text{OH})_2[\text{SO}_4](\text{CO}_3)_3]$. Ce minéral d'origine secondaire se présente en petites plaquettes aplaties suivant (110) incolores à cliage net.

Les masses riches en chalcoppyrite sont souvent auréolées de malachite massive et, plus rarement, d'aurichalcite. Notons aussi la présence de minium Pb_3O_4 en efflorescences pulvérulentes d'un rouge vif associées à la cérusite et à la galène.

Mine de Tchah Kharbozé.

Cette exploitation très ancienne de plomb est située à environ 30 km au Nord d'Anarak. Les travaux miniers affectent une petite colline.

Au pied de celle-ci, une descenderie capricieuse conduit à la limite inférieure des travaux souterrains en partie noyés. Un puits relativement récent rejoint le niveau hydrostatique à 100 m. La minéralisation est faible et peu variée, et consiste essentiellement en galène, cérusite, wulfénite et pyromorphite.

Si la galène et la cérusite sont massives et de peu d'intérêt, la wulfénite prend ici un développement exceptionnel. Les cristaux d'un beau rouge sang sont généralement aplatis suivant (001) les faces (013) (019) (170) (011) étant très fréquentes.

Ils tapissent par milliers les fractures de la calcite ou forment des groupements épais dans les filonnets de cérusite où ils sont accompagnés de petits cristaux de pyromorphite verte.



FIG. 37. — Wulfénite. Tchah-Kharbozé.

Les spécimens de wulfénite sont exceptionnels ; ces cristaux atteignent jusqu'à 5 cm de longueur. Une immense géode de plusieurs mètres cubes, situés à proximité de la base du

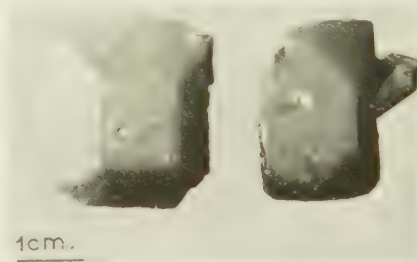


FIG. 38. — Wulfénite. Tchah-Kharbozé.

puits, était entièrement tapissée de ces cristaux. Ils ont été littéralement cueillis par les autochtones dans le but d'en extraire le plomb.

Mine de Tchah-Gorbeh.

Il s'agit d'un filon de barytine massive faiblement minéralisé en galène, azurite et malachite, situé à peu de distance de Tchah-Kharboze.

Mine de Tchah-Khouni.

À l'extrémité Nord-Ouest du massif granitique de Kali-Kafi, des calcaires dolomitiques ont été métamorphisés, et minéralisés en cuivre, plomb, zinc, vanadium et or.

La mine se trouve à 1 250 m d'altitude, à une cinquantaine de kilomètres à l'Est d'Anarak. Actuellement abandonnée, elle a été activement exploitée par les anciens qui se sont intéressés à la minéralisation aurifère localisée dans des masses importantes de limonite, résultat de phénomènes d'oxydation et d'enrichissement secondaire. L'examen des haldes a permis de déterminer un certain nombre d'espèces minérales.

Les minéraux primaires consistent essentiellement en galène, en blende, avec un peu de pyrite et accessoirement de la chalcoppyrite. Comme dans le gîte voisin de Kali-Kafi, on trouve une grande abondance de chlorures et de wulfénite. Les silicates de zinc sont représentés par l'hémi-morphite et la willemite.

L'hémi-morphite est souvent cuprifère d'une belle couleur bleue, se présentant en filonnets dans la limonite. Les cristaux, rares, sont aplatis suivant (010) et ne dépassent guère 1 mm de longueur. La willemite massive se reconnaît à sa fluorescence vert-jaune dans l'ultraviolet. Elle est souvent accompagnée d'hydrozincite. Autour des restes de cristaux de galène épigénisés en cérusite et en anglésite, on observe un certain nombre d'espèces rares : la phosgénite $Pb_2(CO_3)Cl_2$ de couleur grise en masses clivables, la boleïte $Pb_9Cu_8Ag_3Cl_{21}(OH)_{16} \cdot 2H_2O$ qui se présente en petits cristaux d'apparence cubique, d'une couleur bleue intense. Elle est associée fréquemment à la pseudoboleïte $Pb_5Cu_4Cl_{10}(OH)_8 \cdot 2H_2O$ qui forme avec elle des groupements parallèles, les faces (001) étant en commun aux deux espèces. La diabolite $Pb_2CuCl_2(OH)_4$ tapisse de cristaux tabulaires aplatis sur (001) les masses de cérusite. Ces trois dernières espèces n'étaient connues qu'en de rares gisements du continent américain.

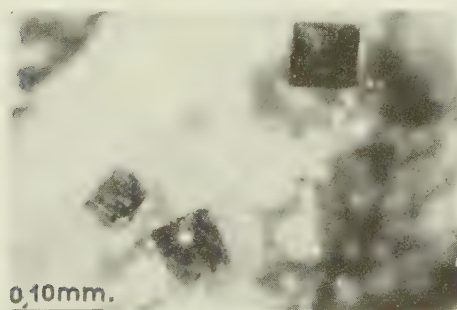


FIG. 39. — Cristaux de Boleïte. Tchah-Khouni.

L'atacamite $Cu_2(OH)_3Cl$ constitue le minéral cuprifère le plus important, les cristaux vert clair

sont très petits et ne présentent pas de faces très distinctes. Ils forment des masses importantes associées à la wulfénite en pyramides tétraogonales jaune orangé. Sur de rares échantillons de calcite, nous avons remarqué de nombreux cristaux brunâtres de descloizite $(Zn, Cu)Pb(VO_4)(OH)$ de 1 à 2 mm de longueur. Dans la limonite, on observe très fréquemment des masses noires d'aspect métallique, constituées de murchisonite $PbCu_6O_8$ en cristaux cubiques ou octaédriques de quelques millimètres de long. Ce rare minéral n'était connu qu'à la Tex Mine au (Nouveau Mexique) à Mammoth (Arizona) et à Mapimi (Mexique). Son abondance dans le gîte de Tchah-Khouni est telle qu'il a pu, à une époque éloignée, constituer un véritable minerai.

Mine de Kali-Kafi.

Cette mine aujourd'hui abandonnée se trouve à environ 6 km à l'Est de la précédente, à 1 300 m d'altitude, en bordure d'un massif granitique qui affleure sous forme d'une petite chaîne de montagnes orientée Nord-Nord-Ouest, d'une longueur de 15 km environ, sur une dizaine de kilomètres de largeur.

L'exploitation est située sur le flanc Sud du massif et a porté sur une minéralisation très complexe remplissant de nombreuses fractures, souvent quartzieuses, orientées Nord-Ouest 340° g et de pendage Nord-Est 77° g ne dépassant pas 20 cm de puissance.

La paragenèse est complexe, constituée principalement de galène, de blende, de pyrite, de chalcoppyrite aurifère, d'un peu de molybdénite et de nombreux minéraux d'oxydation. Un certain nombre d'anomalies radioactives ont été décelées. L'examen des haldes a permis la découverte de la scheelite $CaWO_4$ en petits éléments de 5 à 6 mm associés à la pyrite, la chalcoppyrite et la molybdénite. Au cours d'une prospection systématique des travaux miniers, à la lampe à rayons ultraviolets, nous l'avons trouvée en place au niveau 40. Elle est très diffuse dans le granite et se concentre au voisinage de la chalcoppyrite et de la pyrite avec la molybdénite et la ferrimolybdite $Fe_2O_3 \cdot 3MoO_3 \cdot 8H_2O$. Dans le travers-banc principal, on remarque de fins plaquages d'autunite, seul minéral uranifère du gisement. A l'extrémité Nord des galeries en Y du même niveau, on observe de nombreux filonnets de willemite massive.

L'atacamite et la wulfénite sont largement répandues, cette dernière en pyramides tétra-

gonales jaune miel, les cristaux aplatis sur (001) étant très rares.

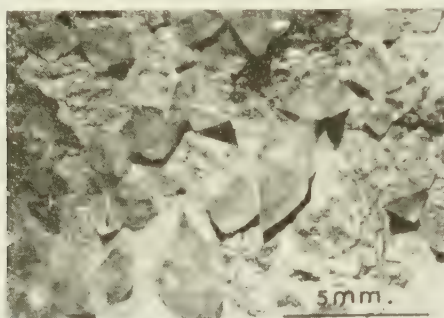


FIG. 40. — Wulfénite. Kali-Kafi.

Les zones sulfurées résiduelles sont riches en boleïte, pseudoboleïte et diaboïte. Ces minéraux sont d'un aspect analogue à ceux de Tchah Khouni. Signalons cependant que les masses de boleïte peuvent atteindre plusieurs centaines de grammes. La diaboïte forme des groupes de cristaux flabelliformes aplatis suivant (001). L'hémimorphite cuprifère est rare, on remarque cependant de petits cristaux aplatis suivant (010). Les filonnets quartzeux sont souvent riches en mottramite $\text{CuPb}(\text{VO}_4)(\text{OH})$, cette dernière en petits cristaux vert sombre.

Les recherches d'antimoine de la région d'Anarak. Torkemani.

La minéralisation affecte une série de cassures parallèles situées dans un banc de calcaire noirâtre épais d'une vingtaine de mètres, bordé au toit et au mur de chloritoschistes orientés Nord-Est 60 g. La stibine en grandes lames est abondante souvent transformée en stibiconite.

Patyar.

Ces vieux travaux sont situés à une dizaine de kilomètres à l'Est d'Anarak, et portent sur un filon de quartz orienté Nord-Ouest 400 g localisé dans des schistes. La stibine est très disséminée dans le quartz qui prend alors, comme nous l'avons vu à Zarchchouran une teinte bleutée.

La mine de Siah-Kouh.

Ce petit gisement de plomb et de zinc est situé en bordure d'un lac de sel (Kévir) à plus de 50 km au Sud-Sud-Est d'Anarak.

Les travaux sont localisés dans une petite colline de 300 m de long et de 150 m de large composée de calcaires noirs, marquée par de nombreuses failles. A l'Est de la colline, le contact calcaire granite est souligné par une faille de direction 50 g Nord.

La minéralisation est exclusivement localisée dans les calcaires noirs. Elle se compose de galène à grain fin répartie dans de fines cassures, la calcite est peu abondante. Dans les zones de circulation on observe de l'hydrozincite en sphérolites, de l'hémimorphite en très petits cristaux, et très rarement de la plattnérite.

Des recherches entreprises au Nord du gisement ont mis à jour une grande géode de dissolution dans les calcaires. La calcite concrétionnée est parfois recouverte de petits cubes de fluorine violette que l'on rencontre aussi en filonnets dans le granite environnant où elle est accompagnée de barytine et d'oligiste.

La mine de Tchah-Palang.

Elle se trouve à 75 km au Sud-Est d'Anarak. La minéralisation est constituée de plusieurs filonnets (nous en avons dénombré au moins cinq) d'orientation générale Est-Ouest, verticaux, encaissés dans des schistes gréseux grisâtres et très compacts. Les anciens travaux miniers comprenant de nombreux puits verticaux de quelques dizaine de mètres de profondeur sont difficilement accessibles. Nous avons toutefois pu descendre dans l'un d'eux jusqu'à sa base à 28 m, et observer la nature de la minéralisation. Il s'agit d'un filon de granite de 50 à 80 cm de puissance, imprégné irrégulièrement avec une concentration aux épontes de chalcoppyrite. Nous avons pu découvrir un affleurement situé à quelques centaines de mètres au Nord des puits de recherche. Il s'agit d'un bloc quartzeux de 1 m de puissance minéralisé en wolframite. La paragenèse, les relations mutuelles et certains caractères des minéraux du minerai de Tchah-Palang ont été précisés grâce à l'observation au microscope métallographique.

L'or natif se présente en nombreuses petites plages le plus souvent localisées dans les produits d'altération ferrugineux ou cuivreux ; cependant on peut l'observer dans le wolfram non altéré et également dans les minéraux de la gangue ou dans les fines cassures.

Il constitue probablement un minéral primaire, l'origine de l'or associé aux produits secondaires étant discutable. Sur un spécimen

nous avons remarqué quelques paillettes atteignant 1 à 2 mm.

La pyrite constitue un élément important de la minéralisation. Elle présente des plans de séparation et montre en section polie de petites inclusions de pyrrhotite. Ceci laissant supposer un remplacement plus ou moins partiel de cette dernière. Celle-ci est associée à de la marcassite et à de la chalcoppyrite souvent auréolée de fines écailles de covellite.

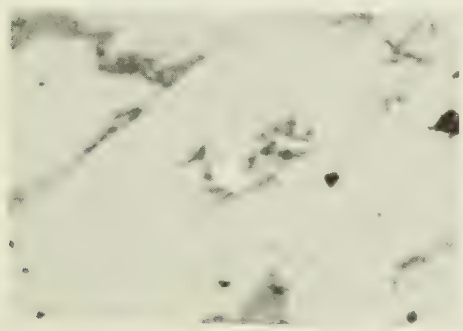


FIG. 41. — Or dans wolfram. L. N. $\times 150$. Tchah-Palang

La wolframite forme des masses cristallines dont la taille varie de quelques centimètres à quelques millimètres ; elle est souvent altérée et remplacée alors par de la goëthite ou de la scheelite secondaire. Tous ces minéraux ont été fortement broyés et se présentent en plaques hérissées, empâtées dans les produits secondaires. Il est à signaler que nous n'avons pas observé sur place ni dans les échantillons récoltés la présence de mispickel ni de cassitérite.

Les espèces secondaires relativement abondantes sont peu variées. L'atacamite domine sur toutes les autres, elle est en grands cristaux fréquemment aplatis sur (010) dont la couleur varie du vert sombre au vert clair.

La chalcantite : assez rare, l'accompagne en fines efflorescences ramassées sur la chalcoppyrite.

La tyrolite : $\text{Cu}_9\text{Ca}_2(\text{AsO}_4)_4(\text{OH})_{10}$. Nous avons déterminé ce minéral rare sur un échantillon des haldes riches en wolfram. La présence de cet arséniate semblerait indiquer l'existence du mispickel ou d'un autre minéral arsénifère.

La scheelite : elle est surtout secondaire, localisée dans les fissures cependant, nous l'avons observée dans les cavités du quartz en petites pyramides tétraogonales de quelques millimètres de longueur.

La cuproscheelite : cette rare variété de schee-

lite cuprifère d'un beau vert sombre apparaît en très petits cristaux dans le quartz.

La tungstite qui résulte de l'oxydation de la wolframite forme des masses pulvérulentes jaune citron.

Le gisement de Tchah-Palang où l'or natif associé au wolfram, à la pyrite, à la pyrrhotite, est un gisement de transition pneumatolytique hydrothermal dont la phase hydrothermale paraît bien développée.

L'ensemble de ces observations concorde peu avec celles de Ladame qui a visité cette exploitation en 1944.

« Aucun affleurement ne permet de s'orienter, tout est recouvert de sable... l'exploitation ancienne ne s'est intéressée qu'au minerai d'oxydation à malachite, cuprite et chalcosine... »

Sauf cette description, il ne nous a pas été possible de retrouver des informations sur ce gisement. Il est probable que les très anciens travaux aient été le siège d'une exploitation aurifère. Les recherches effectuées il y a une trentaine d'années semblent s'être intéressées à la minéralisation cuprifère comme le montreraient les tentatives de calcination de la wolframite qui n'avait pas été identifiée.

CHAPITRE 13

LES MINÉRALISATIONS COMPRISES ENTRE LA CHAÎNE D'ANARAK ET LES MONTS DJANDAK

La mine de Gowde.

Cette mine aujourd'hui abandonnée, se situe à une centaine de kilomètres au Nord-Est de Naxhlak.

La minéralisation est localisée au contact de calcaires et de schistes cristallins. Le minerai principal est constitué de galène, avec de la chalcoppyrite, de la blende et du cuivre gris, accompagnés de cérusite, d'anglésite et de covellite. La blende est automorphe dans la galène fortement corrodée par la covellite, souvent associée à la chalcoppyrite et au cuivre gris dont les fissures sont garnies de galène. Les minéraux secondaires sont abondants et variés. Ils consistent surtout en oxydes, chlorures, sulfates, arséniates, vanadates de plomb et de cuivre.

Le massicot PbO de couleur jaune forme des masses pulvérulentes à la surface de la galène et de la cérusite. L'atacamite est très abondante en

beaux cristaux verts aplatis suivant (010), le clivage suivant cette face est très net. Ces cristaux de plusieurs millimètres de longueur sont disposés dans les fissures de la chalcopryrite.

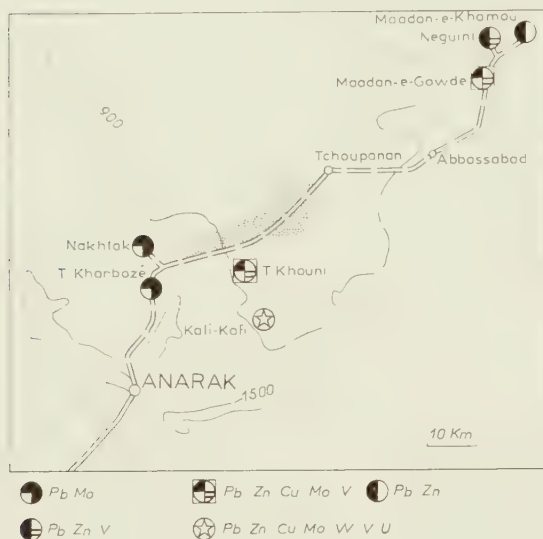


FIG. 42. — Carte des minéralisations comprises entre Anarak et les monts Djandak.

Auréolant la cérosite, on retrouve un minéral fréquent dans cette zone du « kévir » la diabolite. L'antlerite $\text{Cu}_3[\text{SO}_4](\text{OH})_4$ minéral typique des zones d'oxydation des gîtes cuprifères en climat aride, est abondante, les cristaux petits mais bien formés, les faces (110) étant très développées, la couleur verte émeraude, le clivage suivant (010) très net. Associée à cette espèce, la serpierite : $\text{Ca}(\text{Cu}, \text{Zn})_4[(\text{OH})|\text{SO}_4]_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, se présente en cristaux de couleur bleu pâle aplatis suivant (001), à clivage net, de très faible dureté. La caledonite, et la linarite $\text{PbCu}[(\text{OH})_2|\text{SO}_4]$ sont étroitement associées en très petits cristaux. D'autre part, nous avons remarqué une variété aberrante d'anglesite en cristaux bleus, intimement mélangés à la cérosite. L'hydrozincite, l'hémimorphite, la malachite sont les accompagnateurs des espèces minérales précédemment citées.

L'existence d'une immense géode, accessible par un travers-banc situé à droite de la piste lorsque celle-ci aborde la montagne, a permis la découverte d'autres espèces. La géode est tapissée de calcite en gros cristaux jaunes, scalénoédres et rhomboédres. Cette calcite est associée à de l'aragonite coralloïde de couleur vert

pâle ou en cristaux blancs de grande dimension (3 à 5 cm) maclés suivant (110) constituant des agrégats pseudo-hexagonaux. La partie supérieure de la géode est riche en mimétite $\text{Pb}_5(\text{AsO}_4)\text{Cl}$ d'aspect globulaire, dont la couleur varie du jaune pâle à l'orange, certaines masses peuvent peser plusieurs kilogrammes. Les cristaux de mimétite sont rares et ne dépassent guère deux à trois millimètres.

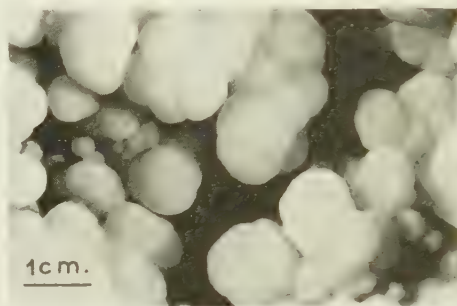


FIG. 43. — Mimétite globulaire, Maadan-e-Gowde.

Dans les zones quartzeuses, les cristaux de mimétite ne sont pas rares mais ils sont petits, se présentant comme des prismes hexagonaux surmontés d'une pyramide. En liaison avec ces minéraux, on observe d'abondantes masses de vanadinite $\text{Pb}_3(\text{VO}_4)_3\text{Cl}$. Très souvent en cristaux parfaits très aplatis dont la couleur varie du jaune au brun, ce minéral est généralement accompagné de descloizite $(\text{Zn}, \text{Cu})\text{Pb}(\text{VO}_4)(\text{OH})$ en très petits cristaux brunâtres brillants.

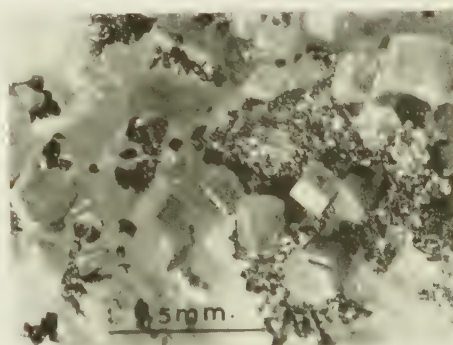


FIG. 44. — Vanadinite et descloizite, Maadan-e-Gowde.

La wulfénite est rare en petites plaquettes jaunes. Enfin la sélénite apparaît un peu partout.

La recherche de Neguini.

Ces petits travaux, aujourd'hui abandonnés, sont situés à une dizaine de kilomètres au Nord de Maadan-e-Gowde. La minéralisation est localisée dans des calcaires faillés. Sur les haldes, nous avons recueilli de nombreux cristaux de vanadinite en gros prismes hexagonaux de couleur blanche, opaques pouvant atteindre jusqu'à 3 cm de longueur. La descloizite forme en association avec la vanadinite des petits groupements cristallins de couleur brune. Épars çà et là, on remarque de beaux ensembles de calcite rhomboédrique et scalenoédrique. Plus près de la vallée, une descenderie a mis à jour quelques rares échantillons de diopside et de chrysocole.

(Le mot persan de Neguini signifie « pierres de bagues » interprétation naïve de la forme des cristaux de vanadinite. Près de Tabas, à la mine de Neguinan, ce sont des pseudomorphoses de pyrite en limonite qui justifieront cette appellation.)

Mine de Ramou.

Ce petit gisement de galène était en cours de traçage en 1960. L'examen des haldes a révélé une minéralisation identique aux précédentes, calédonite, linarite massicot, atacamite, cérusite, galène. La calcite est abondante ; toutefois nous n'avons pas observé de vanadinite.

CHAPITRE I4

LES MINÉRALISATIONS DE LA RÉGION DE YAZD

La mine de Merdjan.

Elle se trouve à l'Ouest-Sud-Ouest de la ville d'Ardakan. Il s'agit de formations filoniennes encaissées dans un massif de roches porphyriques de type microsyénitique. Les anciens travaux sont situés dans la zone Nord, ils sont accessibles par une descenderie d'une trentaine de mètres de profondeur. Au fond de celle-ci, de petits travaux ont été effectués dans la roche syénitique très pyriteuse, présentant une minéralisation en galène, marmatite et chalcoppyrite. De nombreuses auréoles de malachite sont visibles à l'entrée des travaux.

La mine d'Andjireh.

La mine est située dans une colline comprenant des calcaires en gros bancs surmontant une série marnocalcaire, cette dernière reposant sur des quartzites. La minéralisation est liée à une série de failles, les zones minéralisées étant très tectonisées, et localisées dans le calcaire à gros bancs. Les travaux sont répartis sur plusieurs

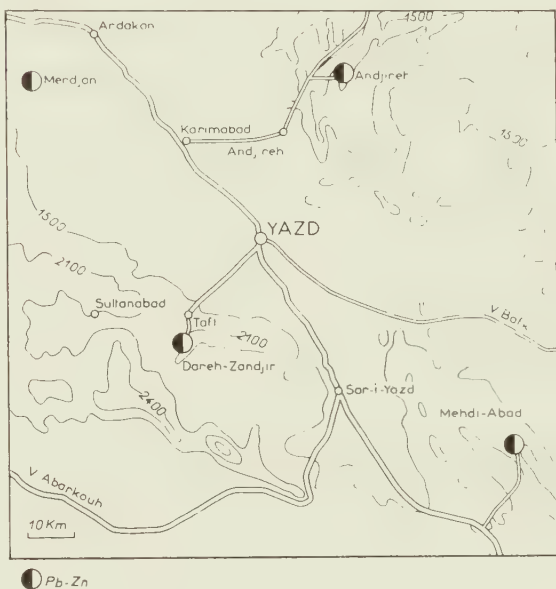


FIG. 45. — Carte des minéralisations de la région de Yazd.

chantiers, la plupart d'entre eux étant abandonnés. On pénètre dans les calcaires de direction Nord-Sud et de pendage 20 g Ouest par une galerie à mi-pente qui présente à son entrée de petits nodules de chalcosine environnée de malachite. La minéralisation comprend de la galène, de l'hémimorphite, de l'hydrozincite en fins cristaux brillants et de la cérusite souvent maculée suivant (110), les cristaux ne dépassant guère 1 à 2 mm. Cette minéralisation s'amincit dans des cassures orientées Nord 20 g et de pendage 50 g Est, elles sont riches en produits ferrugineux parsemés de nombreux cristaux de plattnérite, ceux-ci sont de grande taille (6 à 10 mm), remarquablement formés. La willémite est abondante en très fins cristaux hexagonaux.

La mine de Dareh-Zandjir.

Cette mine est sans aucun doute l'un des gisements iraniens le plus intéressant. Elle se

trouve à proximité du village de Taft, à une vingtaine de kilomètres au Sud de Yazd.

Elle est localisée dans une colline de calcaires dolomités qui ont été exploités par de nombreux chantiers dont la plupart sont aujourd'hui abandonnés. La minéralisation formait des lentilles dont l'une a permis l'extraction de plus de 20 000 tonnes de cérusite.

Ces amas d'importance inégale étaient d'une constitution minéralogique variable. Certains comprenaient de la cérusite, d'autres de l'hémi-morphite et de la willémite ou bien de la cérusite et de la galène. Tous étaient plus ou moins imprégnés de limonite.

Les minéraux primaires de ce gisement sont peu variés, la galène, la blende et plus rarement la chalcoppyrite se rencontrent à l'état massif. Par contre, les minéraux d'oxydation prennent ici un développement exceptionnel : oxydes, carbonates, phosphates, arsénates de plomb ; carbonates, arsénates, silicates de zinc, enfin carbonates de cuivre. Accessoirement l'on rencontre l'aragonite, la calcite, la célestite et le gypse.

La plattnérite PbO_2 : c'est certainement l'une des espèces les plus abondantes, toujours liée aux carbonates qu'elle tapisse de cristaux quadratiques d'un noir brillant. Ceux-ci sont souvent maclés suivant (011), macle qui s'ordonne dans un cycle de 6 à 8 individus formant ainsi une macle cyclique d'aspect lamellaire.

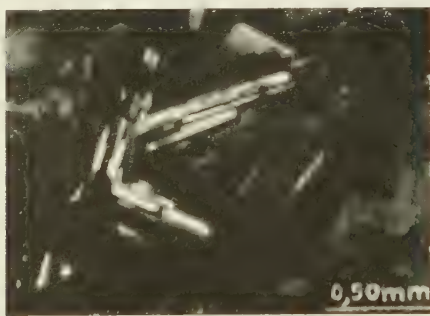


FIG. 16. — Cristal de plattnérite maclé suivant (011).
Dareh-Zandjir.

Elle peut former aussi des interlits dans l'hydrozincite qui présente de larges coulées stalactitiques dans les grottes de dissolution.

Il n'est pas rare de rencontrer des surfaces de plusieurs mètres carrés recouvertes entièrement par ce minéral « rare ». Les spécimens les plus beaux étaient constitués de masses d'aurichalcite et de rosasite, recouvrant des macles de cé-

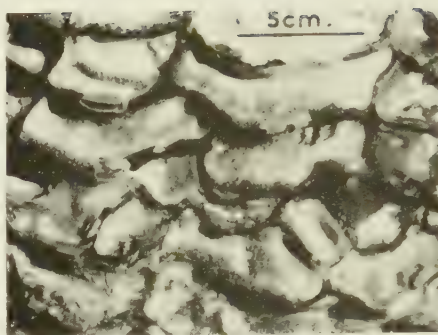


FIG. 17. — Coulée de plattnérite dans l'hydrozincite.
Dareh-Zandjir.

rusite suivant (110), le tout parsemé de gros cristaux de plattnérite.

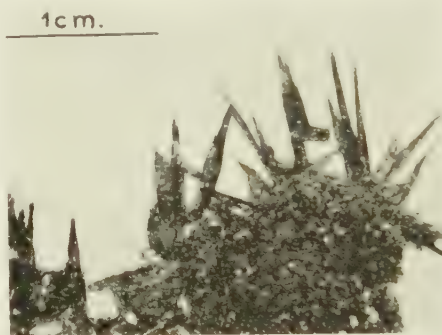


FIG. 18. — Cristaux aciculaires de plattnérite.
Dareh-Zandjir.

La cérusite : très souvent massive, elle est parfois cristallisée, toujours suivant la macle (110), les cristaux présentent cependant des faces peu développées, certains d'entre eux atteignent 10 cm.

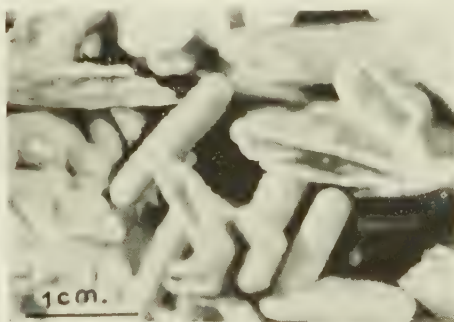


FIG. 19. — Cérusite maclée, willémite, hydrozincite, plattnérite, Dareh-Zandjir.

D'autre part, nous avons observé de nombreuses macles de cérusite recouvertes d'hydrozincite, de willémite et de plattnérite.

Dans les zones riches en hémimorphite et en hydrozincite, on observe rarement de petits cristaux de barytine jaune d'or aplatis suivant (001).

La pyromorphite, assez rare, forme des cristaux aciculaires jaunes, d'aspect hexagonal dans les interlits de l'hydrozincite où elle accompagne l'hémimorphite et la plattnérite.

La mimétite, plus rare, s'observe dans les mêmes conditions.

L'hydrozincite : elle est très abondante, massive et rubanée, ou dans les zones limonitisées en fins cristaux.

La smithsonite : elle est généralement en gros sphérolites de couleur verte ou blanche, les amas de ce minéral sont importants, elle recouvre très souvent les parois de petites géodes de dissolution. Dans la limonite, elle se présente en petits rhomboèdres associés à l'hémimorphite et à la plattnérite. Les cristaux présentent des formes remarquables, les faces (110) et (201) étant très développées.



FIG. 50. — Cristal d'hémimorphite supportant un cristal de smithsonite. Dareh-Zandjir.

L'adamite $\text{Zn}_2(\text{OH})(\text{AsO}_4)$ se présente en cristaux d'un beau vert, enchâssés dans les cavités de la limonite. Les cristaux très allongés suivant (101) peuvent atteindre 10 mm de longueur.

Les silicates de zinc comprennent la willémite et l'hémimorphite. La willémite forme de petites aiguilles hexagonales fluorescentes en jaune dans l'ultraviolet. Les cristaux d'hémimorphite sont remarquables, petits, mais parfaits, aplatis suivant (010), les faces (110) et (021) sont fort développées ainsi que (301). Nous avons observé de nombreuses macles par accolement.

Outre l'aurichalcite et la rosasite associées à la cérusite, nous avons rencontré sur les halles un

petit spécimen constitué de fines aiguilles de linarite.

Il est difficile de préciser l'ordre des venues minéralisantes. Par exemple, la plattnérite se rencontre tant au sein des carbonates qu'à leur surface. Il en est de même pour l'hémimorphite ce qui laisse supposer un caractère rythmique du processus d'oxydation.



FIG. 51. — Cristal d'adamite. Dareh-Zandjir.

Dans la partie profonde du gisement, une grande géode d'aragonite difficilement accessible a été rencontrée à proximité d'une zone limonitisée riche en aiguilles de plattnérite. Elle mesurait environ plusieurs centaines de mètres cubes. Elle était recouverte d'aragonite coralloïde de grands cristaux de gypse et de calcite stalactitique souvent recouverte de petits cristaux de célestite bleue.

La mine de Mehdi-Abad.

Ce gisement exploité pour le plomb et le zinc est situé à 120 km au Sud de Yazd, à 24 km de la route Yazd Kirman.

La zone minéralisée affecte les flancs Nord et Est d'une vallée en fer à cheval dont l'ouverture, située au Sud (photo) est marquée par la présence de deux collines de barytine émergeant des sédiments elluviaux et alluviaux constituant le fond de la vallée. Les fractures de ces collines sont riches en malachite et en azurite, en fins plaquages de très petits cristaux. Deux sondages ont rencontré une minéralisation de galène et de chalcopryrite à une centaine de mètres de profondeur.

Le chaînon Est du fer à cheval est composé de la base au sommet d'une série marnocalcaire, de calcaires à gros bancs, et de marnocalcaires, Là se trouvent, sur le versant Est, au mur des

calcaires à gros bancs et au toit de la série marnocalcaire, la formation interstratifiée dite du « chapeau de fer » reconnue sur 6 km. Sa puissance est variable de 10 à 40 m. La plupart des travaux sont situés à proximité de failles secondaires proches de la verticale. La minéralisation lenticulaire est parallèle à la stratification. Les

noires. L'hydrozincite est très souvent localisée dans les cassures sous forme de petits cristaux monocliniques, blancs et brillants.

A la base de cette colline des travaux miniers ont mis à jour une minéralisation importante de mimétite qui se présente en petits prismes hexagonaux dont la couleur varie du rouge orangé

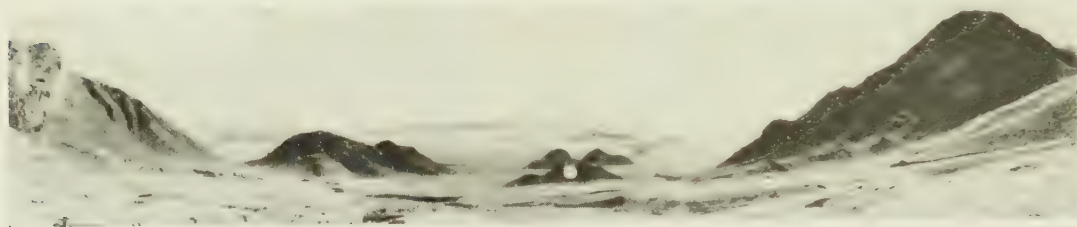


FIG. 52. — Gisement de Mehdi-Abad. Côté sud. Tache blanche : collines de barytine.

minéraux y sont peu variés et résultent de l'oxydation importante, typique de ces régions à climat chaud et sec. Les oxydes de fer dominent sous forme de limonite et d'un peu d'oligiste, accompagnés d'anglésite massive. En profondeur, la galène, la blende mielleuse associées à la cérusite abondent ; très mal cristallisées. Par contre, on peut observer dans certaines masses de limonite très altérée, de nombreux et beaux petits cristaux d'adamite jaune d'or dont la face (101) est très développée, ce minéral prend souvent une forme octaédrique.

La coronadite $Pb_2Mn_8O_{16}$ forme des masses arrondies de la dimension d'une pomme. Elle constitue l'essentiel de la minéralisation du chapeau de fer où elle est accompagnée de césarolite $H_2PbMn_3O_8$.

Le chaînon central est limité à l'Est par une faille de direction Nord-Sud et à l'Ouest par une autre faille très importante de direction Nord 350 g. Il est constitué de calcaires massifs très fracturés surmontés d'une série marnocalcaire très plissée au voisinage de la grande faille. A proximité de cette dernière sont situés les amas calaminaires en forme de choux-fleurs qui apparaissent à flanc de coteau sur plus de 200 m dans les roches marnocalcaires plissées. L'amas supérieur est riche en cérusite, en anglésite et en galène. Les amas inférieurs, reconnus par travers-bancs sont très riches en hémimorphite dont les cristaux pouvant atteindre 3 cm sont aplatis suivant (010) présentant de bonnes faces terminales (101)(031)(301).

Les masses de limonite de ces amas sont recouvertes de fins cristaux de platnérine en aiguilles

au jaune. Celle-ci est particulièrement abondante dans les fissures de la limonite. Dans cette même zone, de nombreuses grottes de dissolution dans les calcaires aujourd'hui inaccessibles étaient abondamment pourvues de gros cristaux de gypse de plus de 40 cm de longueur. L'aragonite coralloïde, et sa variété fibreuse n'étaient pas

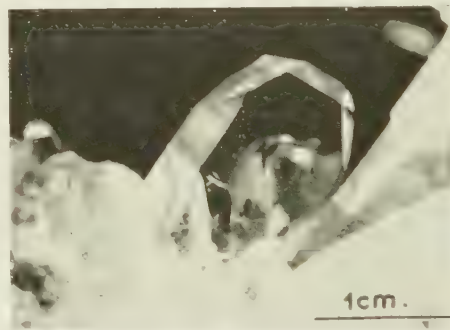


FIG. 53. — Hémimorphite. Mehdi-Abad.

rares en très belles arborescences. De nombreuses stalactites de calcite zincifère en rhomboèdres et d'hémimorphite dont le canal renfermait de l'hydrozincite complétaient cet ensemble.

Le chaînon Ouest au-delà de la grande faille est composé de la base au sommet d'une série marnocalcaire, de marnes bariolées et d'un calcaire rougeâtre surmonté de calcaires jaune ca-verneux. Cette zone est cassée en deux par une autre faille à rejet visible de peu d'importance.

Les directions de ces trois accidents principaux sont différentes et confluent au milieu de

la plaine alluviale donnant à cet ensemble une tectonique en étoile. Ce gisement de type hydrothermal se présente en amas, en zones de remplacement métasomatique et en remplissage de fractures. Le développement probable de cette exploitation, encore au stade de la recherche, donnera lieu sans doute à d'autres espèces minérales.

CHAPITRE 15

LES MINÉRALISATIONS DE LA RÉGION DE BAFK

La mine de Kouchk et ses environs.

Elle se trouve au Nord-Est de Bafk à 64 km de piste. Elle est localisée dans des calcaires bleus, d'âge triasique inférieur. Des schistes calcaireux et gréseux s'y intercalent. Cette série se présente en affleurement sous forme de lentilles de quelques kilomètres au milieu de calcaires et de dolomies d'âge triasique supérieur (1).

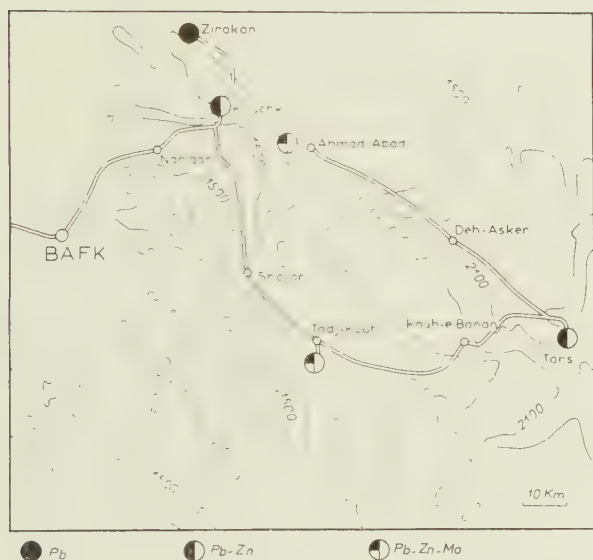


FIG. 54. — Carte des minéralisations de la région de Bafk.

L'exploitation est limitée au flanc Sud d'une colline orientée Ouest-Sud-Ouest, Est-Nord-Est. Au-delà de celle-ci une étroite et longue vallée dite des « terres-jaunes » est le siège de vieux

(1) Cf. Une carte géologique dressée par des géologues allemands travaillant le gîte voisin d'hématite de Narigan pour le compte du gouvernement iranien.

travaux. L'extrémité de cette vallée aboutit au centre de recherche de Dareh-Panou.

La colline de Kouchk est formée de calcaires surmontant des schistes calcaireux. Au sein des schistes, on note la présence d'une roche éruptive ayant l'aspect d'un microgranite, disposée en amas. La tectonique très importante semble avoir joué un grand rôle dans la mise en place de la minéralisation. Celle-ci se présente sous forme de sulfures, pyrite, blende, galène en lentilles très riches auréolées de gypse pouvant atteindre 4 à 5 m de large sur un allongement d'une vingtaine de mètres. Les minéraux secondaires pratiquement inexistantes se manifestent par de la cérusite grenue. Les venues d'eau salée sont très importantes.

La vallée des « terres-jaunes » : cette vallée est jalonnée de travaux anciens pour la recherche de cérusite ; on y observe de nombreux puits descendant à plus de 20 m de profondeur. Sur les rares halles encore visibles, on peut voir des oxydes de fer et du massicot PbO dont la couleur est à l'origine de la dénomination de ce lieu.

Recherche de Dareh-Panou.

Il s'agit d'une recherche récente ayant exploité une lentille de cérusite en carrière. Le fonçage d'un puits a permis de rejoindre le début d'une minéralisation sulfurée où apparaît la chalcopryrite. Au niveau hydrostatique, la circulation d'eau salée détermine de belles efflorescences de chalcantite sur les parois des galeries.

La mine de Zirakan.

Elle s'adosse au flanc d'une colline située à environ 30 km au Nord de Kouchk. Les travaux anciens très importants dépassent 100 m de profondeur. La minéralisation est constituée de cérusite en imprégnation ou en couches dans une masse limonitique renfermant des lambeaux de calcaires. Il semble qu'il s'agit d'un amas de sidérose altérée, sidérose que l'on retrouve saine dans les travaux de surface. La cérusite toujours finement grenue est localisée dans les fractures. Ladame a signalé la wulfénite (cf. p. 180). Nous n'avons pu retrouver ce minéral.

La mine d'Ahmad Abad.

Elle est située à environ 10 km au Sud du village d'Ahmad-Abad en bordure du kévir et à une centaine de kilomètres au Nord-Est de Bafk. Les

travaux abandonnés sont localisés au flanc Nord d'une petite chaîne de collines calcaires.

Les espèces secondaires sont variées, la wulfénite abondante apparaît généralement en très fines plaquettes aplaties suivant (001) souvent complètement recouvertes de calcite.

Les grandes géodes des niveaux inférieurs sont alors parsemées de cristaux blancs tabulaires qu'il suffit de casser pour retrouver en leur centre le cristal de wulfénite qui peut atteindre plus de 5 cm de longueur pour une épaisseur de 1/2 mm. La plattnérite est relativement rare, en très fins cristaux noirs répartis sur la calcite ou la wulfénite. Sur les haldes, nous avons trouvé de nombreux spécimens d'hémimorphite massive et d'hydrozincite. Dans de petites géodes de quelques centimètres cubes, l'hémimorphite forme des cristaux très allongés suivant (010). La galène massive est souvent transformée en cérusite. Dans les travaux de surface on observe un peu de minium et de rares cristaux de pyromorphite.

La mine de Tadj-Kouh.

Elle est située à l'Ouest-Sud-Ouest de l'oasis de Bafk, à plus de six heures de très mauvaise piste. Elle se trouve à 2 km au Sud-Ouest du village qui lui a donné son nom.

La minéralisation affecte le flanc d'une colline de calcaires massifs orientés Nord-Sud et de pendage 85 g Ouest comprise entre deux failles Est-Ouest. Elle correspond à un décollement et à un broyage des couches.

Les anciens travaux très importants s'allongent sur une centaine de mètres et atteignent le niveau hydrostatique.

Au-delà de la faille Est-Ouest située au Nord et de pendage Nord 50 g la minéralisation se disperse rapidement. En deçà de la faille Est-Ouest située au Sud, nous n'avons observé ni minéralisation ni travaux. Par contre, à proximité de la zone principale Nord-Sud existent de nombreux dépilages laissant supposer la présence de minéralisation. Les travaux récents comportent un travers-banc qui, mal situé, est stérile. Un puits de 52 m atteint le niveau hydrostatique et la base des anciens travaux. Au toit de la galerie principale située à la base du puits, on remarque une brèche limonitisée comportant de nombreux cristaux de plattnérite associés à de la wulfénite orangée en plaquettes aplaties suivant (001). L'examen des haldes a permis de retrouver les minéraux primaires constitués de

galène massive et de blende verdâtre. La cérusite et l'hémimorphite sont rares.

Mine de Tars.

Très éloignée de Bafk, plus de 100 km à l'Ouest, cette mine est accessible par une longue et mauvaise piste passant par Kouh-e-Banan. La minéralisation est localisée dans une colline calcaire orientée Nord-Sud, limitée aux quatre points cardinaux par des failles importantes. L'exploitation actuelle s'effectue au moyen d'un travers-banc qui recoupe à 40 m de l'entrée une faille de direction Nord 20 g et de pendage 80 g. Tous les travaux, anciens et modernes, sont situés entre ce travers-banc et la surface. Toutefois, un puits intérieur situé à droite du travers-banc a mis à jour d'anciens dépilages de cérusite, qui se présentait en une lentille de direction Nord 50 g et de pendage 70 g Est dont la puissance variait de 20 cm à 1 m. A l'extrémité inférieure de ces travaux, on observe des mouches de galène massive, marquant la fin de la zone d'oxydation à proximité immédiate du niveau hydrostatique. La cérusite forme le minéral dominant de ce gisement, elle se présente en filonnets de plusieurs décimètres de puissance. Les cristaux sont peu développés et constituent des agrégats réticulés sur lesquels sont disposés de petits sphérolites d'hydrozincite. Dans une petite géode de calcite, nous avons rencontré quelques rares aiguilles de plattnérite. L'hémimorphite est abondante mais mal cristallisée. Les masses sulfurées résiduelles renferment de la blende et de la galène.

CHAPITRE 16

LES MINÉRALISATIONS DE LA RÉGION DE TABAS

La mine d'Abdoul-Abad.

Elle se trouve à une cinquantaine de kilomètres au Nord-Ouest de Tabas. Elle est accessible par une mauvaise piste, les travaux sont abandonnés. La minéralisation est localisée au sommet et au flanc d'une colline, le long d'une grande faille de direction Est-Ouest et de pendage 85 g Sud. L'exploitation est une reprise de travaux anciens affectant le sommet de la colline, où se trouvent d'abondants filonnets de chrysocole. La faille met en contact au Sud une

série de calcaires lités et au nord des calcaires grossiers. Les travaux récents ont été réalisés à partir des anciens travaux qui avaient exploité de la cérusite en boules dispersées dans une brèche de faille. La minéralisation visible en place permet d'observer de la galène à grain fin plus ou moins transformée en cérusite.

aplatis sur (100). La diophtase en petits cristaux verts est très abondante, ceux-ci sont associés à de la cérusite souvent maclée suivant (110). Sur les halles, nous avons pu recueillir des spécimens d'hydrozincite, d'hémimorphite en cristaux imparfaits enchâssés sur de petites pyramides de quartz.

La mine de Tchah-Sorb.

Elle se trouve à environ 50 km au Nord de Tabas, à une dizaine de kilomètres à l'Ouest du village de Chir-Gesht. Cette mine en activité comprend trois centres d'exploitation. Deux accessibles par puits et l'un par un travers-banc, ce dernier abandonné correspondant à une zone d'amas calaminaires.

Puits n° 1, au niveau — 30, l'on accède à une zone minéralisée orientée Nord-Sud, située à l'Ouest de la base du puits et que l'on rejoint par un travers-banc. Ce dernier a suivi la minéralisation vers le Sud et le Nord. Vers le Sud, elle se présente comme un remplissage de brèche par de la galène entre schiste et calcaires. Vers le Nord, elle a été reconnue sur une trentaine de mètres. C'est dans cette partie que les travaux ont mis à jour une très grande géode de dissolution dans les calcaires. Très limonitisée, elle renferme de nombreuses stalactites de calcite, la circulation d'eau salée y est abondante et la température élevée. On y observe le long des stalactites de nombreuses concrétions noirâtres dont l'étude microchimique et radio-cristallographique permet d'identifier comme de la plattnérite. Celle-ci se retrouvant d'ailleurs en cristaux aciculaires noirs dans les zones non soumises à la circulation des eaux.

Dans la zone Sud, les filonnets cérusitiques sont abondamment pourvus de boleïte $Pb_9Cu_8Ag_3Cl_{21}(OH)_{18} \cdot 2H_2O$ qui se présente en amas bleu foncé. La galène de ces filons est souvent cristallisée en cubes généralement déformés de plusieurs centimètres d'arête recouverts de fines plaquettes de wulfénite orange.

Minéralisation de surface :

Dans la zone dite de Radjab Ali, des travaux en carrière ont été réalisés sur un calcaire blanc silicifié le long d'une faille verticale. Une galerie de 35 m a été tracée sur un filon de calcite moucheté de galène et de barytine. De larges fissures sont garnies de gros cristaux de calcite en scalénoèdres, dépassant 50 cm de long jaunes parfois transparents.

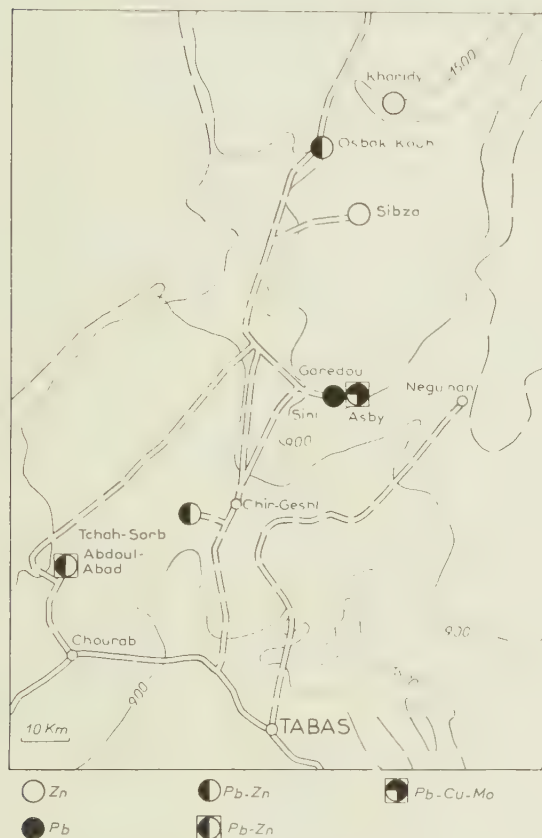


FIG. 55. — Carte des minéralisations de la région de Tabas.

Le minerai primaire est composé de galène, de chalcosine orthorhombique en grains de l'ordre du 1/100^e de millimètre, avec des enclaves de pyrite. Cette dernière est corrodée par la chalcosine qui passe à un produit vert d'origine secondaire : le chrysocole. La covellite et la cuprite sont rares.

Dans les zones de carbonates, certaines espèces sont relativement abondantes :

La diaboïte $Pb_2CuCl_2(OH)_4$ qui se présente en longs cristaux bleus flabelliformes aplatis sur (001) présentant des agrégats sur plusieurs centimètres carrés, en association avec de fins mais beaux cristaux bleu pâle de calédonite

Les amas calaminaires :

Aujourd'hui abandonnés, ils sont localisés dans une colline orientée nord-sud. Sur les haldes, on rencontre de beaux cristaux d'hémimorphite aplatis suivant (010) rappelant beaucoup ceux de la mine de Tchah-Millé. L'hydrozincite est rare de même que la wulfénite en petits cristaux tabulaires.

Mine de Osbak-Kouh.

Elle est située à 150 km au Nord de Tabas, sur la route conduisant à Sabzevar, en bordure du grand désert de sel, dans une région très isolée. C'est une des grandes mines de plomb iraniennes.

La minéralisation est localisée à la base d'une colline dans un niveau redressé de dolomie noirâtre à grain fin. La zone minéralisée est caractérisée par son extrême fracturation. Les travaux actuels sont situés entre les niveaux 125 et 140 et sont rendus très difficiles par les nombreux décalages provoqués par des failles aux directions les plus diverses.

Les espèces minérales sont constituées par de la galène massive disposée en lentilles dont la puissance peut atteindre 2 à 3 m. La blende très claire est abondante mais très fine.

Recherche de Sibza.

Ces petits travaux de recherche se trouvent à une vingtaine de kilomètres au Sud-Est de Osbak-Kouh. Il s'agit d'amas calaminaires, localisés le long d'une faille entre schistes et calcaires. Au sommet d'une petite colline, siège des travaux les plus importants, on peut observer dans une zone limonitisée de grosses concentrations d'hémimorphite. Celle-ci est remarquablement cristallisée dans des géodes d'hydrozincite en fins cristaux.



FIG. 56. — Cristaux biterminés d'hémimorphite, Sibza.

Les cristaux d'hémimorphite sont aplatis sur (010) et peuvent atteindre 3 cm. Ils sont souvent biterminés.

Recherche de Kharydi.

Elle se trouve au Nord de la mine d'Osbak-Kouh dans une formation identique à celle de Sibza. On y trouve les mêmes minéraux, cependant l'hydrozincite semble plus abondante. Dans les cassures de l'hémimorphite massive très ferrière ; elle forme des bancs épais de cristaux aciculaires.

Kouh-e-Sorkh.

Nous avons pu examiner au Service des Mines de Meched, des échantillons de réalgar, stibine, orpiment provenant de ce massif montagneux situé au Nord de la ville de Kachmar, à une cinquantaine de kilomètres à l'Ouest de Torbat-e-Haidarie.

Recherches de Garédou.

Elles sont situées de part et d'autre d'une chaîne calcaire à une soixantaine de kilomètres au Sud d'Osbak-Kouh en direction de Tabas.

Garédou Sini.

Ce gîte est situé sur le flanc Ouest d'une colline calcaire ; il est actuellement abandonné. La minéralisation se présente en filonnets dans des calcaires orientés Nord 50 g. Les minéraux, peu variés, consistent en galène massive formant des zones résiduelles dans la cérusite, celle-ci finement cristallisée est accompagnée par de petits cubes de fluorine incolore ou rose, et par du chry-

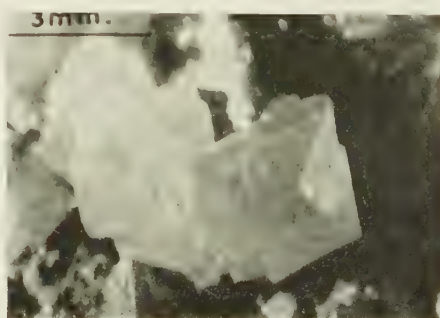


FIG. 57. — Cristal de mimétite, Garédou-Asby.

socle. Près de la surface, la cérusite est souvent veinée de diabolite très abondante, en petits amas bleu foncé, les cristaux flabelliformes sont peu nets. Des petites recherches au sud de l'exploitation ont mis à jour de nombreuses cassures riches en chrysocole et des amas de galène associés à de la cérusite présentant des cristaux nets peu développés, maclés suivant (110). La mimétite forme de petits prismes hexagonaux jaune brunâtre.

Garédou Asby.

Lors de notre visite, ce petit gisement était en exploitation. La minéralisation lenticulaire est localisée sur une faille orientée Nord-Sud mettant en contact des dolomies et des calcaires. Au sommet de la colline existent des anciens travaux très importants qui sont en liaison, par descenderie, avec les travaux actuels.

De nombreuses géodes de calcite rhomboédrique y abondent. La cérusite a, paraît-il, été rencontrée en beaux cristaux. On peut y observer de nombreux cristaux de barytine incolore bien développés sur (001) et (210), ils sont recouverts souvent de fines aiguilles de plattnérite. Dans le puits de 40 m on peut remarquer de grandes géodes de calcite imprégnées d'oxydes de fer, les rhomboèdres de calcite, de grande taille — plus de 20 cm — sont recouverts de plattnérite. Accessoirement, de petits cristaux de mimétite jaune et de wulfénite tabulaire de même couleur sont localisés dans de petites fractures au voisinage de la galène, celle-ci étant veinée de covellite et de chalcosine.

CHAPITRE 17

LA ZONE MINÉRALISÉE DE CHOURAB PRÈS DE FERDOWS

Elle comprend toute une série de recherches : pour le plomb, le zinc, le cuivre et l'antimoine, situées à une soixantaine de kilomètres au Sud-Est de la ville de Ferdows, les travaux sont abandonnés.

La mine de plomb et de zinc.

Elle est constituée par une série de formations filoniennes orientées Nord-Sud plus ou moins parallèles, qui ont été reconnues par des travaux de surface et des travaux souterrains. La plupart

de ces derniers sont noyés et inaccessibles. Seul l'examen des haldes a pu donner une idée de la minéralisation. Les échantillons montrent le plus souvent de la galène finement ponctuée de bour-

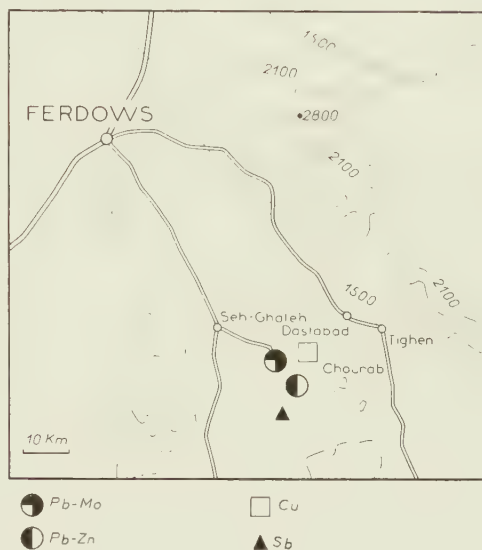


FIG. 58. — Carte de la zone minéralisée de Schurab près de Ferdows.

nonite $2\text{Pb.Cu}_2\text{S.Sb}_2\text{S}_3$, de la blende, de la chalcopryrite et plus rarement de la tétrahédrite. Ces minéraux inclus dans des schistes sont associés à des carbonates comme la cérusite et la sidérite.

La recherche de cuivre.

Elle est située à environ 1 km au Nord de la précédente. Il s'agit de petits filonnets de quartz de quelques décimètres de puissance localisés dans des calcschistes. On y observe des minéraux secondaires abondants comme la malachite et l'azurite. L'examen en section polie montre que les masses de minerai sont séparées du quartz par des zones riches en produits oxydés. Le minerai subsistant sous forme de lambeaux de bornite, celle-ci entourée de chalcosine qui la pénètre et la recoupe. Le cuivre natif est rare en mouches de 1 à 2 mm de longueur.

Kouh-e-Ghermes.

Il s'agit d'une zone d'oxydation importante située au Nord des précédents indices. Les travaux de recherche sont pratiquement inexistant.

La masse limonitisée comprend un peu de cérusite et de galène, elle est quelquefois bordée de filonnets de barytine massive. On observe de nombreuses petites pyramides tétraogonales rouges de wulfénite, les cristaux tabulaires étant plus rares.

La mine d'antimoine.

Elle est située au Sud de la mine de plomb et affecte un petit massif de microgranite isolé dans les calcaires. En bordure, il s'est formé un remplissage de stibine et de quartz. La stibine est finement cristallisée en aiguilles serrées.

CONCLUSION

Parmi les espèces minérales découvertes, les remarquables cristaux d'orpiment de Zarehchouran, la platnérite de Dareh-Zandjir et le nombre élevé de gisements où nous avons retrouvé cette espèce, les minéraux rares du plateau central : adamite, algodonite, annabergite, antlérite, boleite, cabrerite, calédonite, connellite, conchalcite, descloizite, diaboileite, diopase, domykite α et β , fornacite, lavendulanite, leadhillite ; lindackérite, linarite, mixite, murdochite, PbCrO_4PbO , phosgénite, pseudoboleite, β rosélite, serpierite, tyrolite, uranospinite, vanadinite, wulfénite, zeunérite ; les trois nouvelles espèces décrites : arséniate de magnésium et d'uranium de Talmessi, la talmessite $\text{Ca}_2(\text{Mg}, \text{Ba}, \text{Ni})\text{H}_2(\text{AsO}_4)(\text{OH})_2$, l'iranite $\text{PbCrO}_4\text{H}_2\text{O}$; le nombre élevé d'espèces minérales de la mine de Talmessi (51), contribuent à donner à l'Iran une place importante dans la minéralogie mondiale.

Bien que ce travail ne représente qu'une contribution à sa minéralogie descriptive, il n'est pas inutile, pour terminer, de mettre l'accent sur les traits majeurs de sa géologie structurale et de son climat. L'un et l'autre conditionnent un type métallogénique défini, donc des associations géochimiques particulières.

L'Iran est un pays de plissements récents où dominant les structures « néo-eurasiennes » de Stille. Celles-ci conditionnent les paragenèses hypogènes. Ce pays présente dans sa majeure partie un climat désertique ou semi-désertique. Les formations lagunaires sont fréquentes dans des bassins sans écoulement. Ces deux faits, connexes d'ailleurs, sont à la base des associations minérales et de l'importance des zones super-

gènes d'oxydation. Nous insisterons sur plusieurs traits significatifs en tentant quelques comparaisons avec d'autres provinces minéralisées du globe.

Les paragenèses hypogènes.

L'abondance des gîtes à sulfures d'arsenic, parfois associés à la sibine, au cinabre et en relation visible ou non avec des phénomènes volcaniques récents, place l'Iran dans l'alignement nord-méditerranéen qui, partant des Alpes-Maritimes, passe en Yougoslavie, en Albanie, en Turquie, en Arménie, se continuant jusqu'en Afghanistan et dans l'État de Chitral.

S'opposant à ces gisements qui représentent les manifestations tardives les plus superficielles de l'activité métallogénique, mais associés aux mêmes structures à l'échelle de l'orogène entier, les gîtes de chromites, liés aux roches ultra-basiques, sont abondants comme dans presque tous les pays cités plus haut. Comme c'est le cas pour ce type dans les chaînes récentes, on n'y connaît pas de platine.

Les paragenèses très spéciales de Talmessi (cuivre dominant avec nickel, cobalt, uranium) de Baytché-Bagh (cuivre dominant avec or, nickel, cobalt, uranium, bismuth), s'écartent des types bien connus à nickel, cobalt, argent, tant des vieilles chaînes : cobalt dans l'Ontario, que des chaînes hercyniennes à nickel, cobalt, bismuth, argent, uranium : gîtes de l'Erzgebirge. On peut les rapprocher de deux types, tous deux de chaînes récentes :

Gîtes à « sept métaux » (Cu, Mo, Ni, Co, Bi, Ag, Au) des auteurs soviétiques modernes, gîtes dont les types ont été pris d'ailleurs dans les chaînes du Sud de l'Asie soviétique. Bien que les gîtes d'Iran n'en représentent que des types incomplets, l'association à Baytché-Bagh de l'or natif aux complexes à nickel-cobalt-uranium-bismuth est, à notre sens, le fait le plus marquant.

Gîtes de cuivre du Chili (baie d'Algodon sur la lisière du désert d'Atacama), qui présentent, comme à Talmessi, des arsénures de cuivre et dont d'autres montrent (comme à Baytché-Bagh) une paragenèse particulièrement hétéroclite : cas de Carrizal-Alto, où, avec les complexes à Ag, Ni, Co, U, coexiste la tourmaline.

Nous n'insisterons pas sur le type assez universel des minerais de plomb et de zinc. Seul leur encaissement (dans les calcaires) est à retenir, comme nous le verrons plus loin.

Les paragenèses supergènes.

Trois catégories de faits les conditionnent, interférant souvent entre eux : la paragenèse hypogène, l'apport chimique de l'encaissant, le rôle du climat.

a) Rôle de la paragenèse hypogène :

L'exemple le plus caractéristique en est l'abondance des arsénates d'uranium et de cuivre à Talmessi. Bien que, comme nous l'avons vu, ce gîte présente avec ceux de l'Erzgebirge hercynien des différences notables, l'association de la pechblende avec les arsénures est commune aux deux, et y détermine les mêmes produits d'oxydation.

b) Apport chimique de l'encaissant :

Les gîtes de plomb et de zinc sont, pour la plupart des gisements hydrothermaux de basse température. Ce sont des amas de substitution parfois totalement oxydés, ou des remplissages de fractures ou de zones broyées. Ils ont déterminé et contrôlé des accidents tectoniques variés affectant les formations sédimentaires (calcschistes, calcaires, dolomies) d'époque secondaire qui les renferment.

Leur paragenèse est simple, composée de galène, de blende, parfois de pyrite et de chalcopryrite. Les produits d'oxydation sont abondants. La barytine, la fluorine, la silice peuvent apparaître dans les gangues.

Comme dans certains gîtes structuralement analogues du Nord du Mexique et du Sud des États-Unis, les vanadates, les molybdates, les arsénates abondent aux affleurements et ont été conservés par suite de la sécheresse du climat.

c) Rôle du climat :

L'abaissement du niveau hydrostatique a conduit comme en Afrique du Nord, etc., à un grand développement des chapeaux calaminaires. Les conditions rapides d'évaporation ont favorisé dans ceux-ci le développement de minéraux rares ailleurs (murchisonite, plattnérite par exemple dont nous avons pu observer la formation actuelle).

Le voisinage de formations lagunaires a favorisé aux affleurements le développement de combinaisons halogénées. L'atacamite, la boleite, les autres chlorures du Plateau Central iranien, sont à rapprocher des halogénures de cuivre et de plomb du Chili, du Nouveau-Mexique, et de la Basse-Californie ; formés en climat sec, mais au voisinage de la mer. Des chlorures de cuivre du Chili du Potosi en Bolivie, du Nouveau-Mexique, ces derniers développés loin de la mer mais dans des régions élevées voisines de bassins sans écoulement.

La minéralogie de l'Iran, alpine au sens large, est à rapprocher de celle des provinces circum-pacifique.

Celle de l'Afghanistan, encore mal connue, lui est certainement apparentée, au moins en ce qui concerne les paragenèses profondes.

LISTE DES ESPÈCES MINÉRALES D'IRAN

En majuscules : espèces non signalées en Iran avant la parution de ce travail.

ADAMITE..... 53, 54	AURICHALCITE. 35, 46	BOURNONITE..... 59	22, 25, 26, 32, 33, 34
Algodonite..... 37	52	BROCHANTITE..... 20	36, 38, 43, 44, 47, 48
Analcime..... 24	AUTUNITE..... 39, 47		49, 51, 53
Andalousite..... 32	Azurite. 20, 21, 22, 26	CABRÉRITE..... 39	Chalcosine. 24, 36, 37
ANDRADITE..... 21	32, 35, 36, 39, 44, 46	Calcite.. 21, 26, 41, 42	42, 43, 44, 51, 57, 59
Anglésite.. 31, 47, 49	53	45, 50, 51, 52, 56, 57	CHALCOTRICHITE.. 38
50, 54		CALÉDONITE.. 46, 50	Chrysocole. 20, 21, 25
Anhydrite..... 23	Barytine... 22, 30, 31	51, 57	43, 51, 57, 59
Annabergite... 39, 42	35, 41, 43, 44, 48, 60	Calcédoine..... 41	Cinabre..... 29, 31
ANTLÉRITE..... 50	BIEBÉRITE... 26, 36	Célestite..... 23, 52	CLAUDÉTITE..... 29
Apatite.... 17, 25, 32	BISMUTH..... 27	Cérusite... 21, 31, 33	COBALTITE.... 28, 42
Aragonite.. 32, 33, 35	BISMUTHINITE... 27	34, 35, 43, 44, 45, 46	COFFINITE..... 28
41, 45, 50, 52, 54	Blende.. 21, 22, 24, 26	49, 51, 52, 55, 56, 59	CONNELLITE..... 39
ARSÉNIATE DE Mg	29, 30, 33, 34, 38, 43	60	CONICALCITE. 38, 42
et U..... 40	44, 47, 49, 52, 55, 56	CÉSAROLITE..... 54	CORONADITE..... 54
ARSÉNOLITE..... 29	BOLEITE... 47, 48, 57	CHALCANTITE.. 20, 25	Covellite... 22, 25, 38
Asbolane..... 36	58	36, 49, 55	49, 57, 59
ATACAMITE. 39, 43, 47	Bornite.... 25, 38, 44	CHALCOLITE..... 40	Cuivre natif... 27, 37
49, 51	BOULANGÉRITE... 29	Chalcopryrite.. 20, 21	42, 59

Cuivre gris. 22, 31, 36 49	Hématite.. 17, 31, 42	Mixite..... 39	Safflorite..... 28, 38
Cuprite. 21, 25, 38, 44 57	Hémimorphite. 21, 24 31, 34, 45, 47, 48, 50 51, 52, 54, 56, 57, 58	Molybdénite... 19, 21 47	Sélénite..... 24, 50
Cuproscheelite... 49	HÉTÉROGÉNITE... 38	MOTTRAMITE..... 48	SERPIÉRITE..... 50
Cyanotrichite.... 18	Hornblende... 19, 21	MURDOCHITE..... 47	SCHEELITE. 19, 21, 31 47, 49
	Hydrozincite.. 24, 31 34, 35, 45, 47, 48, 50 51, 52, 54, 56, 57, 58	Muscovite..... 32	Sidérite. 23, 24, 34, 59
DAWSONITE..... 22		Nickélite..... 38, 48	SKUTTÉRUDITE... 28
DISCOIDITE... 47, 50 51			Smaltite... 26, 28, 42
DIABOLÉITE... 43, 47 48, 57, 59	Idocrase..... 21	Oligiste. 20, 22, 48, 54	Soufre..... 24
DIALOGITE..... 26	ILMÉNITE..... 31	Or. 26, 30, 32, 48	SPÉROCOBALTITE.. 39
DIOPSIDE..... 21, 32	IRANITE..... 43	Orpiment.. 22, 29, 31 33, 58	SPESSARTITE..... 32
DIOPTASE.. 43, 51, 57	KERMÉSITE..... 30		STIBICONITE... 30, 33 48
DISTHÈNE..... 32	LAVENDULANITE.. 38	PbCrO ₄ PbO..... 43	Stibine. 22, 29, 30, 32 48, 60
Domeykite α 37	42	PHOSGÉNITE... 24, 47	TALMESSITE..... 41
Domeykite β 37	LEADHILLITE..... 46	PLATINÉRITE... 35, 41 45, 48, 51, 52, 54, 56 57, 59	TÉNORITE..... 41
Dolomie..... 41	Limonite.. 25, 33, 35 47, 51, 52, 54	Pechblende. 22, 28, 37	TENNANTITE..... 27
	LINARITE.. 21, 50, 51	PSEUDOBOLÉITE.. 47 48	TÉTRAHÉDRITE... 50
	LINDACKÉRITE... 39	Pyrite.. 20, 21, 22, 23 25, 27, 29, 31, 33, 38 43, 47, 49, 55	Thénardite..... 23
	LINNÉITE..... 28		Tourmaline..... 32
	LORANDITE..... 29	Pyrolusite..... 23	TUNGSTH..... 49
		PYROMORPHITE... 31 32, 35, 46, 53	Turquoise..... 25
Épidote... 21, 22, 31	Magnétite.. 23, 29, 31	PYRRHOTITE..... 49	TYROLITE..... 38, 49
Erythrite..... 39, 43	Malachite.. 20, 21, 22 25, 32, 34, 35, 36, 39 44, 46, 50, 51, 53	Quartz. 19, 21, 22, 26 29, 37, 41, 43, 48, 60	ULEXITE..... 18
Fluorine... 24, 31, 32 36, 58	MARCASSITE.. 38, 49		URANOSPINITE... 39
FORNACITE..... 43	Marmatite... 21, 51	RAMMELSBERGITE. 28 38	VANADINITE.. 50, 51
FERRI-MOLYBDITE. 21 47	MASSICOT.. 24, 43, 51 55	Quartz. 19, 21, 22, 26 29, 37, 41, 43, 48, 60	Wad..... 39
Galène.. 20, 22, 24, 26 29, 33, 34, 35, 36, 38 43, 44, 46, 47, 49, 51 52, 53, 55, 56, 57, 58 59, 60	MELNIKOVITE. 29, 30		WILLÉMITE. 21, 43, 45 47, 51, 52
GARNIERITE..... 39	MÉSOTYPE..... 24	RAMMELSBERGITE. 28 38	WOLFRAMITE.... 48
GOETHITE..... 41, 49	MÉTA-STIBINE... 29	Réalgar. 22, 29, 30, 33 58	Wulfénite.. 35, 44, 45 46, 47, 50, 55, 56, 57 59, 60
Grenat..... 21, 31	MÉTA-ZEUNÉRITE. 40		ZARATITE..... 39
Gypse.. 21, 23, 41, 42 52, 55	MIMÉTITE.. 45, 50, 53 54, 59	ROSASITE..... 35	ZIRCON..... 31
HALOTRICHITE... 24	MINIUM,..... 46, 56	ROSÉLITE β 39	
		Rutile..... 31	

INDEX DES GISEMENTS (*en italique*) ET DES LOCALITÉS CITÉS DANS LE TEXTE

Abbassabad..... 50	Araxes..... 19	Chah-Abdol-Azim. 22	Deh-Now..... 32
<i>Abardech</i> 23	Ardakan..... 51	<i>Chah-Kouh</i> 34	Djandak..... 49
<i>Ab-e-Garm</i> 21	Ardestan..... 37	Chahmirzad..... 24	<i>Djouband</i> 21
<i>Abdoul Abad</i> 56	<i>Asseran</i> 24	Chemiran..... 24	Doukhtar..... 19
<i>Agha-Dareh</i> 30	<i>Avary-Kouh</i> 24	<i>Cherkate</i> 44	
Ahar..... 20	<i>Ay-Ghala-Sih</i> . 25, 32	Chir-Gescht..... 57	Esfahan..... 33
<i>Ahmad-Abad</i> 55	Azerbaïdjan.. 17, 19	<i>Chirmard</i> 31	
<i>Alam</i> 44		<i>Chourab</i> 59	<i>Fassaroud</i> 35
Alborz..... 17	<i>Bachmé</i> 24		Ferdows..... 59
Aliabad..... 22	<i>Bagherog</i> 43	Dasht-e-Kévir. 19, 36	<i>Foch-Dareh</i> 24
Alvend..... 32	Bafk..... 55	<i>Dahaneh-Siah</i> ... 24	<i>Foolat-Mahalleh</i> ... 24
Anarak..... 36	<i>Bahai Lou</i> 32	Damghan..... 24	
<i>Andjert</i> 20	Baloutchistan... 17	<i>Dareh-Bid</i> 33	Gandj-Nameh... 32
<i>Andjireh</i> 51	<i>Baytché-Bagh</i> . 25, 60	<i>Dareh-Nogheh</i> ... 33	<i>Gardaneh-Chir</i> ... 35
<i>Angouran</i> 31	<i>Bibi-Chah-Banou</i> . 22	<i>Dareh-Panou</i> ... 55	<i>Garedou-Asby</i> ... 58
<i>Aovanoh</i> 24	Bidjar..... 32	<i>Dareh-Zandjir</i> . 51, 60	<i>Garedou-Sini</i> ... 59
Arak..... 33	<i>Boulazoum</i> 42	<i>Darvar</i> 24	Gharadagh..... 19

<i>Ghalé-Bozorg</i> 44	Kouh-e-Banan... 56	<i>Radjab-Ali</i> 57	<i>Tchah-Palang</i> ... 36, 48
<i>Ghareh-Bolag</i> 23	<i>Kouh-e-Ghermès</i> .. 59	<i>Ramou</i> 51	<i>Tchah-Séfid</i> 36
Ghasreh-Firouzé... 23	Kouh-e-Kadam- gah..... 24	<i>Reza-Abad</i> 24	<i>Tchah-Sorb</i> 57
Ghassem-Vazir... 36	<i>Kouh-e-Sorkh</i> 58	<i>Robat-Karim</i> 23	<i>Tchangarzé</i> 35
Gol-Tapeh..... 32		Sabzévar..... 24	<i>Tcheckmeh-Ab-e- Chor</i> 42
Gomouchkan..... 21	<i>Lakan</i> 33	Sang-e-Sar..... 24	<i>Tcheckmeh Karim</i> .. 42
Gowde..... 49	<i>Larestan</i> 24	<i>Sarbicheh</i> 24	Tchoupanan..... 50
Gowdemorad..... 42	<i>Lavedar</i> 24	Saveh..... 18	Téhéran..... 22
Hamadan..... 32		<i>Sébarz</i> 43	Tiran..... 33
Hadjiabad..... 34	Maldarani..... 31	Semnan..... 24	Torbat-e-Haida- rié..... 58
Hossein..... 44	<i>Mazraeh</i> 22	Sheyvardagh..... 20	<i>Torkémani</i> 48
Hosseinabad..... 35	Meched..... 18	<i>Siah-Kouh</i> ... 36, 48	Touyar..... 24
Hormoz..... 17	<i>Mehdi-Abad</i> .. 19, 53	<i>Sibza</i> 58	Touyeh..... 24
	<i>Meskani</i> 37, 42	<i>Soungoun</i> 19	Turkménistan.... 19
Ilghenatshay.... 19	<i>Meskerabad</i> 23	Soungoun-Dizeh.. 20	
	<i>Merdjan</i> 51	Soungountshay... 19	
Kachan..... 35	Mianeh..... 25		<i>Valilou</i> 22
Kachmar..... 58	<i>Moussa</i> 44	Tabas..... 56	<i>Vali-Mohamad</i> ... 32
<i>Kah-Rizac</i> 23		Tabriz..... 19	Varamine..... 23
Kal-e-Tshay..... 26	Nain..... 36	<i>Tadj-Kouh</i> 56	<i>Vidjin</i> 34
<i>Kali-Kafi</i> ... 36, 47	<i>Nakhlak</i> 19, 44	Taft..... 52	
Karim-Abad..... 51	<i>Neguin</i> 51	Taham..... 22	Yarazis..... 31
<i>Khaneh-Sourmeh</i> .. 34	<i>Neguinan</i> 51	Takab..... 28	Yazd..... 51
<i>Kharydi</i> 58	<i>Newal</i> 42	Takht-e-Soleiman. 25	
<i>Khemsar</i> 36	<i>Nichapour</i> 25	<i>Talmessi</i> 37, 60	<i>Zacharia</i> 24
Khomein..... 33		Tarom..... 22	<i>Zahédi</i> 44
<i>Khomseh</i> 36	<i>Osbak-Kouh</i> .. 19, 58	<i>Tars</i> 56	<i>Zarban</i> 24
Kirman..... 19	Ourmiah..... 19	<i>Tchah-Choureh</i> ... 42	<i>Zarehchouran</i> .. 28, 30
Kizil-Ouzoun.... 22		<i>Tchah-Gorbeh</i> ... 46	<i>Zendabad</i> 21
Kopet-Dagh..... 19	<i>Pasghaleh</i> 22	<i>Tchah-Kharbozé</i> .. 46	Zendjan..... 22
<i>Kouchk</i> 19, 55	<i>Patyar</i> 48	<i>Tchah-Khouni</i> ... 46	Zendjantshay... 31
Kouh-e-Alvend... 33		<i>Tchah-Millé</i> 44	Zirakan..... 55

BIBLIOGRAPHIE

- AHLFELD, Fr. — Die realgar Formations. *Z. prakt. Geol.* (1933), 41, 189-192.
- BARIAND, P. — Accidents à nickel, cobalt, uranium, bismuth et or dans les minerais cuivreux de Baytché-Bagh, Iran. *Bull. Soc. franç. Minér. Crist.* (novembre 1961).
- BARIAND, P., HERPIN, P. (1960). — Un arséniate de calcium et de magnésium isomorphe de la rosélite. *Bull. Soc. franç. Minér. Crist.* (LXXXIII, 118-21).
- BARIAND, P., HERPIN, P. — Nouvelles données sur la fornacite. *Bull. Soc. franç. Minér. Crist.* (1962, à paraître).
- BARIAND, P., HERPIN, P. — Une nouvelle espèce minérale : l'iranite chromate hydraté de plomb (1963-2, à paraître).
- BARIAND, P., HERPIN, P. — Étude d'un chromate de plomb naturel $PbCrO_4 \cdot PbO$. *Bull. Soc. franç. Minér. Crist.* (1963, à paraître).
- BARIAND, P., ZIEGLER, V. et ISSAKHANIAN, V.-VASSIGH, H. — Nouvelles minéralisations dans le massif de Sheyvardagh Azerbaïdjan, Iran. *Bull. Soc. franç. Minér. Crist.* (1961), LXXXIV, 326-7.
- BILIBINE, Y. A. — *Provinces métallogéniques et époques métallogéniques* (1955), Moscou, Gosgeoltekheztat. Trad. S 16, n° 1521.
- CLAPP, F. G. (1940). — Geology of eastern Iran. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, 51, n° 1.
- DANA'S. — *System of mineralogy*. Palache, Berman, Frondel (1951).
- DE LAUNAY (1911). — *Les richesses minérales de l'Asie*.
- GEFFROY, J., SARCIA, J.-A., CHERVET J. — *Les minerais uranifères français* (1960). Presses universitaires de France.
- GUILLEMIN, C. — Contribution à la minéralogie des arsénates, phosphates et vanadates de cuivre. *Bull. Soc. franç. Minér. Crist.* (1956), LXXXIX, 7-95.
- GYSIN, M. et KOVALIV, P. (1940). — Un minerai rare de cuivre et de cobalt provenant du gisement de Meskani, Iran. *Soc. Phys. Hist. Nat.*, Genève, C. R. 57.
- JAKHONTOVA, L. K. et SIDORENKO, G. A. (1956). — *Zap. vsesojuzn. mineral. obskchest.*, S. S. S. R., 85, n° 3, 297.
- LADAME, G. (1945). — Les ressources métallifères de l'Iran. *Schweiz Miner. Petr. Mitt.*, 25, n° 1.
- PADERA, K. (1951). — Revision of the domeykite-algodonite group. *Bull. Aca. Tchèque. Sciences*. LII^e année, n° 4.
- PASCAL. — *Nouveau traité de chimie minérale*, tome XIV, p. 272.

- RAMDHOR. — *Die Erzminerale und ihre Verwachsungen*. AR Verlag, Berlin (1955).
- RIEBEN, H. (1934). — Contribution à la géologie de l'Azerbaïdjan persan. *Bull. Soc. Neuchâteloise, Sc. Nat.*, 59.
- SARCIA, J. et J.-A. — Indices uranifères dans la région d'Anarak (Plateau central iranien). *C. R. Soc. Géol. de France* (1960).
- STILLE (1949). — *Das Leitmotiv der geotektonischen Entwicklung*, Berlin, A.L. Wissens, Vorträge und Schriften, H. 32.
- STRUNZ, H. — *Mineralogische Tabellen* (1957).
- SCHROEDER, J. W. (1944). — Essai sur la structure de l'Iran. *Ecl. Géol. Hel.*, 37.
- Rapports du Ministère de l'Industrie et des Mines de Téhéran.*

En 1955, lors d'un séjour dans la région d'Anarak, j'étais loin de me douter que ce premier contact avec la minéralogie de l'Iran allait m'entraîner les années suivantes à une visite de presque tous les gisements métallifères de ce pays.

Grâce à la bienveillance de M. le Professeur Wyart, intéressé par mes premières découvertes, je pu effectuer en 1959 un autre voyage en Iran. Au retour de cette mission, il me confia le sujet de cette thèse ; qu'il trouve ici l'expression de ma profonde reconnaissance.

Je tiens à remercier la Coopération Technique française qui m'a permis, au cours d'une mission en 1960-1961, d'ajouter de longs chapitres à cet ouvrage.

J'exprime toute ma gratitude à son Excellence M. le Docteur Ziai, Ministre de l'Industrie et des Mines d'Iran qui a grandement facilité ma tâche.

Je remercie aussi :

M. le Professeur Asfia, M. le Professeur Sheybani, M. Mazahéri, M. Sorabi, M. Zahédi, ainsi que leurs collègues dont l'aide me fut précieuse.

M. Schener et Les Sociétés Minières iraniennes de m'avoir accueilli avec bienveillance.

Mon ami Pierre Gy qui contribua pour une large part à la réalisation de ce travail.

Mes amis et compagnons de travail : L. Burnoi, V. Ziegler, G. Minassian, C. Mozaffari qui ont partagé l'inconfort de la piste et les joies de la découverte.

Mes amis J. Geffroy et J. Lissillour, du Commissariat à l'Énergie Atomique, dont la compétence dans le domaine de l'examen microscopique des minerais est toujours au service de ceux qui aiment les gisements métallifères.

Je ne voudrais pas oublier Mme Herpin et tous mes camarades du laboratoire qui, chacun dans leur domaine n'ont pas ménagé leur aide.

Que mes hôtes iraniens soient tous assurés de mon meilleur souvenir.

TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE 1. — Les minéralisations de l'Azerbaïdjan septentrional. Le Gharadagh.....	19
CHAPITRE 2. — Les accidents cuprifères de Zendjan.....	22
CHAPITRE 3. — Les minéralisations de la région de Téhéran.....	22
CHAPITRE 4. — Les minéralisations plombo-zincifères de la région comprise entre Semnan et Damghan	23
CHAPITRE 5. — Les minéralisations cuprifères de la région de Sabzevar.....	24
CHAPITRE 6. — La mine de Turquoise de Nichapour.....	25
CHAPITRE 7. — Les minéralisations du massif du Takht-e-Soleiman.....	25
CHAPITRE 8. — Les minéralisations de la région de Hamadan.....	32
CHAPITRE 9. — Les minéralisations plombifères de la région d'Arak.....	33
CHAPITRE 10. — Les minéralisations plombo-zincifères de la région d'Esfahan.....	33
CHAPITRE 11. — Les minéralisations de la zone Kachan-Ardestan.....	35
CHAPITRE 12. — Les minéralisations complexes de la région d'Anarak.....	36
CHAPITRE 13. — Les minéralisations comprises entre la chaîne d'Anarak et les monts Djandak...	49
CHAPITRE 14. — Les minéralisations de la région de Yazd.....	51
CHAPITRE 15. — Les minéralisations de la région de Bafk.....	55
CHAPITRE 16. — Les minéralisations de la région de Tabas.....	56
CHAPITRE 17. — La zone minéralisée de Schurab près de Ferdows.....	59
Photographies de Nelly BARIAND.	
Liste des espèces minérales d'Iran.....	61
Index des gisements et des localités cités dans le texte.....	62
Bibliographie.	63

DEUXIÈME THÈSE

PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ :

Les gisements diamantifères de l'U. R. S. S.

VU ET APPROUVÉ :

Paris, le 10 juin 1962.

Le Doyen de la Faculté des Sciences,

MARC ZAMANSKY.

VU ET PERMIS D'IMPRIMER :

Le Recteur de l'Académie de Paris,

JEAN ROCHE.

